

627.4  
А-43

Съездъ русскихъ дѣятелей по водянымъ путямъ.

А-43

# ДОКЛАДЪ

ИНЖЕНЕРА

Н. С. ЛЕЛЯВСКАГО.

1899

Библ. Харьк. ун-та

Объ углубленіи нашихъ большихъ рѣкъ.

П



КІЕВЪ.

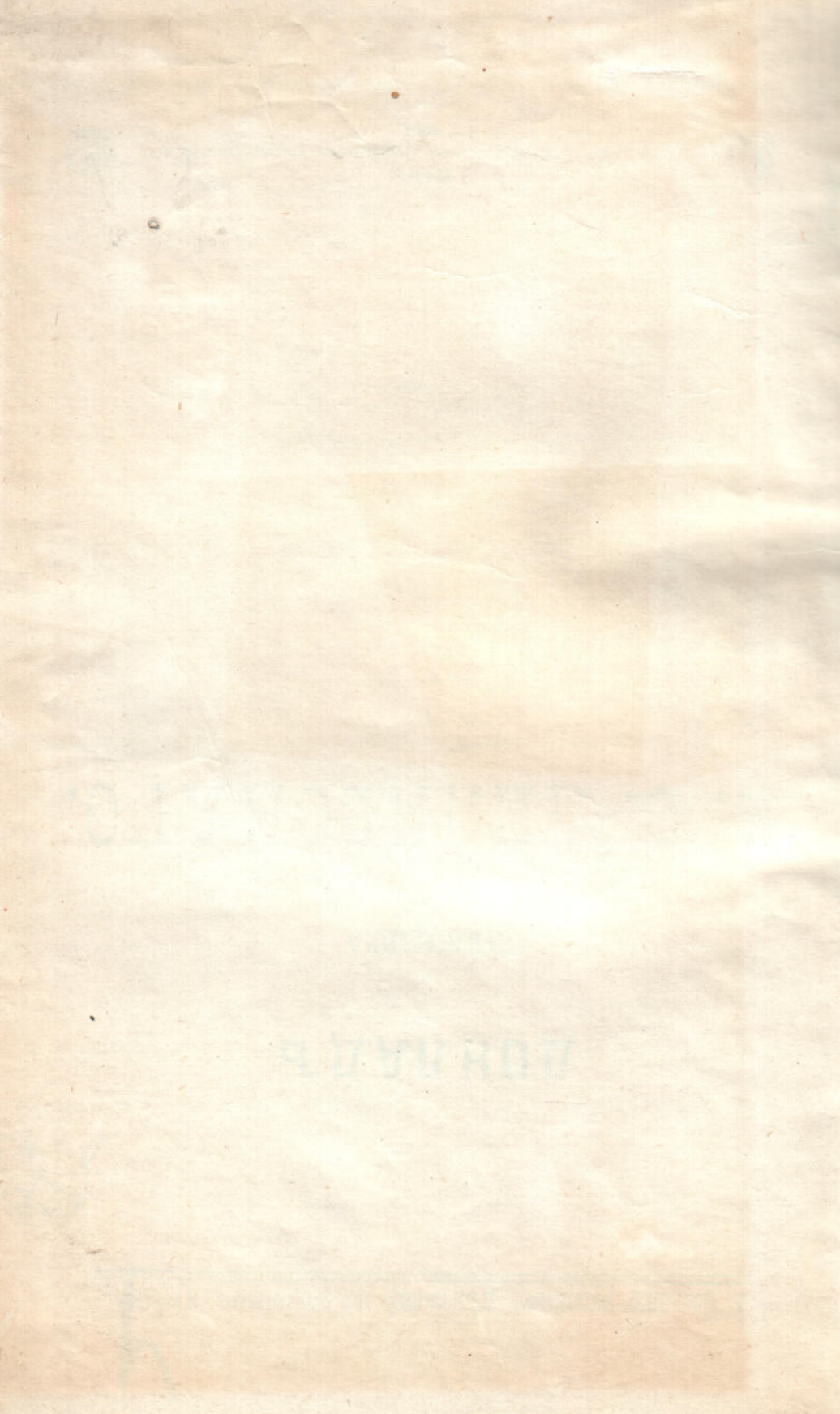
Типографія С. В. Кульженко, Пушкинская улица, домъ № 4.

1904.





1899







П

У

Х Съездъ русскихъ дѣятелей по водянымъ путямъ.

627.4  
Л-43

# ДОКЛАДЪ

ИНЖЕНЕРА

Н. С. ЛЕЛЯВСКАГО.

1899  
Гидротехнический  
Ин-т  
Киев

проверено  
1966 г.

Объ углубленіи нашихъ большихъ рѣкъ.

✓



КІЕВЪ.

Типографія С. В. Кульженко, Пушкинская улица, домъ № 4.  
1904.



---

Печатано по распоряженію Управленія Внутреннихъ Водныхъ Путей и Шоссейныхъ  
Дорогъ Министерства Путей Сообщенія.

---



# Объ углубленіи нашихъ большихъ рѣкъ \*).

## Часть I.

Содержаніе: 1.—Выправление представляетъ собою вѣрное и надежное средство для углубленія и закрѣпленія рѣчного русла. 2.—Землечерпаніе значительно ускоряетъ достиженіе успѣха и обезпечиваетъ судоходство отъ временныхъ затрудненій при исполненіи выправительныхъ работъ. 3.—Нецѣлесообразность примѣненія однихъ только берегоукрѣпительныхъ сооружений. 4.—Необходимость точныхъ изслѣдованій рѣкъ при работахъ по ихъ улучшенію.

---

### *Милостивые Государи.*

Въ теченіи нѣсколькихъ лѣтъ я, къ сожалѣнію, не имѣлъ возможности подѣлиться съ Вами результатами какихъ либо изслѣдованій въ области рѣчной техники и вотъ теперь очень радъ, что могу сообщить кое что въ разъясненіе и дополненіе прежде мною докладывавшагося.

Сдѣлать это сообщеніе побудили меня два обстоятельства: я желалъ воспользоваться трудами преподавателя Водяныхъ Сообщеній въ Кіевскомъ Политехническомъ Институтѣ, Инженера Акулова, который изготовилъ представляемыя Вамъ здѣсь модели, изображающія форму рѣчного дна и расположеніе, а также и величину изслѣдованныхъ имъ рѣчныхъ струй; а второе—остающаяся, или лучше сказать, кажущаяся до сего времени неопредѣленность вопроса—„чѣмъ же намъ улучшать наши рѣки, выправленіемъ или черпаніемъ?“ Какъ хо-

---

\*) Въ виду краткости времени, имѣвшагося въ распоряженіи для чтенія доклада, послѣдній былъ доложенъ Сѣзду въ видѣ отдѣльныхъ изъ него извлеченій.



рошо Вамъ извѣстно, въ началѣ прошлаго десятилѣтія появились у насъ первыя сильныя землечерпательницы, и землечерпаніе получило значеніе дѣйствительной, ощутительной мѣры для углубленія рѣчного фарватера, не говоря уже объ углубленіи гаваней, для которыхъ оно есть притомъ и единственное средство. Большія черпательницы потребовали крупныхъ средствъ на работы, а успѣхъ работъ, по новизнѣ дѣла, былъ далеко не полонъ, что и дало поводъ лицамъ, занимавшимся выправленіемъ рѣкъ, къ нареканіямъ на столь, дескать, дорогой и малоуспѣшный способъ. Лица эти обратили особенное вниманіе на слабыя стороны черпательныхъ работъ и, когда имъ указывали на быстроту помощи, оказываемой черпательницами судоходству, на возможность постепеннаго улучшенія черпательныхъ снарядовъ, они говорили— „подождемъ, увидимъ, но сомнѣваемся въ успѣхѣ, а теперь черпательницы со своими рефулерами и растянутыми цѣпами, мало принося пользы, сами собою составляютъ препятствіе для судоходства“. Сторонники выправленія воображали, что техника этого дѣла имъ всесторонне извѣстна, они даже вычисляли по формуламъ нормальную якобы ширину русла. Они были увѣрены, что выправленіе рѣкъ во многихъ мѣстахъ, въ особенности на западѣ, выполнено полностью, и идти далѣе некуда, и знать болѣе того скуднаго запаса знаній, коимъ они пользуются при шаблонномъ составленіи выправительныхъ проектовъ, не нужно. Лица, занимавшіяся черпательными работами, въ свою очередь, увлеклись въ другую противоположную крайность и на основаніи неудовлетворительности,—а вѣриѣ, неоконченности нѣкоторыхъ работъ,—стали утверждать, что выправленіемъ нельзя достигнуть желаемого улучшенія; что сами выправительныя сооруженія—дамбы представляютъ опасныя препятствія для судоходства, а что, напротивъ, однимъ землечерпаніемъ съ закрѣпленіемъ какими либо мѣрами результатовъ, ими достигаемыхъ, можно улучшить рѣчное дно кореннымъ образомъ. Приверженцы землечерпанія, вмѣсто того чтобы заняться изученіемъ вліянія выправительныхъ и землечерпательныхъ работъ на рѣчное русло, огульно порицали первыя



работы, даже не имѣя, можетъ быть, близкаго съ ними знакомства. Конечно, обѣ стороны были неправы въ своихъ крайнихъ заявленіяхъ. Такимъ образомъ, оба способа, въ дѣйствительности пригодные для улучшенія русла и входящіе въ составъ прикладныхъ наукъ, коимъ мы обучались въ нашемъ Институтѣ, взаимно какъ бы исключали другъ друга, а সু-доходное рѣчное дѣло оставалось безъ общепризнанныхъ, надежныхъ, техническихъ средствъ для его поддержанія и развитія.

Главное, что обращало на себя вниманіе, это страстность, которую проявили та и другая стороны. Гдѣ же этому причина, господа?—Причина въ данномъ случаѣ, какъ и вообще при продолжительныхъ и безрезультатныхъ спорахъ, заключалась въ малоубѣдительности доводовъ, приводившихся обѣими сторонами, въ отсутствіи фактическихъ данныхъ, въ ненаучности постановки вопросовъ. Споры эти затѣмъ потеряли, конечно, свой острый характеръ, но общепринятаго рѣшенія до сихъ поръ не установлено. Поэтому, господа, не сомнѣваюсь, что Вы согласитесь со мною относительно того, что для вѣрнаго и возможно точнаго рѣшенія вопросовъ о дѣйствительномъ значеніи для улучшенія русла выправительныхъ и черпательныхъ работъ необходимо поставить эти вопросы на научную почву; необходимо производить возможно больше тщательныхъ наблюдений, опытовъ, изслѣдованій и изученій. Рѣчная гидротехника представляетъ собою отрасль знаній, основанныхъ на изученіи естественныхъ явленій, происходящихъ въ рѣчномъ потокѣ и его руслѣ; поэтому она требуетъ чисто опытнаго, индуктивнаго метода изслѣдованій. Между тѣмъ, когда еще не только не были открыты законы, управляющіе явленіями въ рѣчномъ потокѣ, т. е. причинная между ними связь и зависимость, но еще не было никакого представленія о внутреннихъ самостоятельныхъ теченіяхъ въ этомъ потокѣ, гидравлики уже стали примѣнять анализъ къ изученію движенія воды апріорно, представляя его себѣ, какъ движеніе тѣлъ твердыхъ. Частицы твердаго тѣла неизмѣнно связаны между собою, тогда какъ въ частицахъ жидкихъ тѣлъ, при движеніи встрѣчаются различныя сопротивленія, вызы-



вающія кромѣ общаго поступательнаго движенія перемѣщенія относительныя, совершающіяся внутри жидкости, которыя и вносятъ въ явленія движенія воды оригинальныя особенности. При поступательномъ движеніи твердаго тѣла все частицы его движутся параллельно одна другой, между тѣмъ какъ теперь извѣстно уже, что нигдѣ и никогда частицы воды не движутся по параллельнымъ направленіямъ и нигдѣ не имѣютъ точно одинаковыхъ скоростей. А если однѣ частицы воды движутся быстрѣе сосѣднихъ, то на оставленные ими мѣста стремятся вступить частицы, не только сзади лежащія, но и съ боковъ, что и вызываетъ отклоненіе движенія воды въ сторону наибольшихъ скоростей, т. е. отъ береговъ къ фарватеру. Я не буду распространяться здѣсь о результатахъ прежнихъ своихъ наблюдений надъ расположеніемъ отдѣльныхъ внутреннихъ, самостоятельныхъ и опредѣленныхъ теченій, проявляющихся въ рѣчномъ потокѣ, такъ какъ выводы изъ тѣхъ наблюдений подробно были приведены мною еще въ докладѣ нашему Съѣзду въ 1893 году и международному конгрессу, бывшему въ Гаагѣ въ 1894 году, и напечатаны въ трудахъ этихъ Съѣздовъ.

Для приданія наблюденіямъ научнаго характера необходимо производить ихъ, по возможности, точно и объективно, а результаты ихъ изображать такъ, чтобы каждый изслѣдователь могъ по нимъ составить вѣрную, ничѣмъ не извращенную, картину жизни потока. Для этого планъ далеко не достаточенъ: онъ изображаетъ мертвую рѣку, не давая представленія о движеніи воды, о направленіяхъ и скоростяхъ теченія; тогда какъ модель, изображающая рельефы дна (чего далеко не показываютъ линіи равныхъ глубинъ на планѣ), а главное—расположенія и скорости рѣчныхъ струй, представляетъ лучший способъ для закрѣпленія какого либо момента изъ жизни рѣки, для нагляднаго представленія картины этой жизни, этого взаимодействія текущей жидкой массы и подвижнаго сыпучаго дна. Поэтому, я признаю весьма желательнымъ распространеніе и усовершенствованіе примѣненія моделей для изображенія результатовъ повторныхъ изслѣдованій при производствѣ различнаго рода работъ на рѣкахъ.



Обращаясь къ дальнѣйшему разсмотрѣнію нашихъ основныхъ средствъ для улучшенія рѣкъ, я долженъ признаться, господа, что по своей многолѣтней практикѣ имѣлъ-бы право, можетъ быть болѣе, чѣмъ другіе, отстаивать исключительно одно выправленіе. Я испыталъ на дѣлѣ, что при самыхъ трудныхъ задачахъ выправленія можно обойтись безъ черпанія. Миѣ пришлось однажды удачно запрудить главное русло и сразу пустить судоходство черезъ отмель, бывшую до того времени почти сухою; но это было на сравнительно маловодной рѣкѣ Припяти. Судоходство ничего тогда не потерпѣло отъ такого довольно рискованнаго опыта, и мелкосидящіе пароходики, ходившіе лѣтъ 25 тому назадъ по Припяти, черезъ два три дня по сомкнутіи фашинной запруды стали свободно проходить по новому руслу, на которомъ наименьшая глубина воды достигала тогда уже до четырехъ четвертей аршина. Подобнаго опыта на Днѣпрѣ, какъ скажу далѣе, повторить я не рѣшался.

Какъ-бы ни былъ человѣкъ и даже цѣлая группа людей убѣждены въ вѣрности своихъ заключеній, хотя-бы и основанныхъ на продолжительныхъ наблюденіяхъ надъ результатами тѣхъ или другихъ мѣропріятій, необходимо, тѣмъ не менѣе, подтвержденіе полезности ихъ другими лицами, въ особенности лицами, заинтересованными въ улучшеніи рѣкъ, судоходцами, для того, чтобы признать эти мѣропріятія цѣлесообразными. Въ этомъ отношеніи мы на Днѣпрѣ были счастливыѣ нашихъ товарищей на другихъ рѣкахъ и вызывали большею частью сочувствіе и благодарности, обнаружившіяся особенно реально на недавнемъ, въ Декабрѣ прошлаго 1903 г., судоходномъ Съѣздѣ въ г. Кіевѣ, на которомъ собралось около 150 судоходцевъ и, вообще, представителей разныхъ интересовъ, такъ или иначе связанныхъ съ судоходствомъ на р.р. Днѣпрѣ, Днѣстрѣ и Южномъ Бугѣ. Такъ какъ на этихъ рѣкахъ производилось не сплошное выправленіе русла, а улучшались отдѣльныя, наиболѣе затруднительныя мѣста, при чемъ примѣнялись и одно выправленіе и одно землечерпаніе, и то и другое вмѣстѣ, то для подтвержденія, во первыхъ, возможности улучшенія судоходныхъ условій рѣки улучше-



ніемъ отдѣльныхъ на ней мѣстъ и, во вторыхъ, возможности улучшенія обоими указанными способами, позволю себѣ привести нѣкоторыя цитаты изъ преній этого Съѣзда, относящіяся къ разсматриваемому мною вопросу.

Въ засѣданіи 18-го Декабря Начальникъ Екатеринославскаго Отдѣленія, сдѣлавъ докладъ о произведенныхъ въ разныхъ мѣстахъ Днѣпра болѣе крупныхъ работахъ, обратился къ представителямъ судоходства съ вопросомъ о томъ, принесли-ли эти работы пользу судоходству, и, если принесли, то желательно-ли ихъ продолженіе въ будущемъ. На этотъ вопросъ судоходцы отвѣтили единогласными возгласами „желательно“ и продолжительными рукоплесканіями. Г. Лишневскій, управляющій „Общества пароходства по Днѣпру“, сказалъ слѣдующее: „Я плаваю на пароходахъ по Днѣпру болѣе 25 лѣтъ и утверждаю, что безъ этихъ работъ пароходство давно уже исчезло-бы. Эти работы принесли одну только пользу. Въ былое время отъ Кременчуга до Екатеринослава приходилось не разъ выпускать воду изъ котловъ. По моему мнѣнію продолжать работы крайне необходимо“.

Представитель Русскаго Общества Пароходства и Торговли г. Шестериковъ высказался такъ: „Какъ уполномоченный отъ Русскаго Общества Пароходства и Торговли, я прошу, во первыхъ, благодарить Его Превосходительство Начальника Округа и Инженера Юргевича за ихъ работы, направленныя къ улучшенію р. Днѣпра, во вторыхъ, присоединяюсь вполне къ ходатайству передъ Министерствомъ о назначеніи необходимыхъ финансовыхъ средствъ для продолженія этого дѣла. Чѣмъ въ лучшія условія для судоходства будетъ поставленъ Днѣпръ, тѣмъ больше будетъ по немъ ходить судовъ, тѣмъ полнѣе будетъ обмѣнъ товаровъ. Обмѣнъ товаровъ увеличить богатство края, а богатство края отразится на благоденствіи и процвѣтаніи всего отечества“.

Г. Гальпертъ, крупный хлѣбный торговецъ на Нижнемъ Днѣпрѣ, сказалъ слѣдующее: „Должно имѣть въ виду и такое соображеніе, что въ случаѣ, если пароходство оказываетъ въ неудобномъ положеніи, то хотя отъ этого страдаетъ и само пароходство, но производители хлѣба и въ особенности



крестьяне страдают въ десять разъ больше; а потому и въ ихъ интересахъ слѣдуетъ продолжать работы“.

По предложенію Г. Жуховицкаго, одного изъ крупныхъ пароходовладѣльцевъ, судоходный Съѣздъ постановилъ: „Благодарить за труды и работы по улучшенію судоходныхъ условій р. Днѣпра, выразившіяся въ устройствѣ сооружений, принесшихъ столь несомнѣнную пользу судоходству, Начальника Кіевского Округа Н. С. Делявскаго и всѣхъ его сотрудниковъ“.

Затѣмъ Съѣздъ съ большимъ вниманіемъ занялся разработкой программы дальнѣйшаго постепеннаго улучшенія Днѣпра, при чемъ очевидно было, что ни одинъ изъ членовъ Съѣзда нисколько не сомнѣвался въ дальнѣйшихъ успѣхахъ подобнаго рода работъ по улучшенію отдѣльныхъ, наиболѣе затруднительныхъ мѣстъ на рѣкѣ.

Чему-же приписать столь большую разницу во взглядахъ судоходовъ на успѣхи выправительныхъ работъ на Волгѣ и Днѣпрѣ. Не представляетъ-ли Волга какихъ нибудь трудностей въ техническомъ отношеніи?—Я полагаю, что нѣтъ. Несомнѣнно, одни и тѣ-же законы существуютъ какъ на большихъ рѣкахъ, такъ и на малыхъ рѣчкахъ, и условный масштабъ на эти законы нисколько не вліяетъ. Можетъ быть на Волгѣ допущены неправильности при составленіи проектов?—И этого не было. Проекты составлялись тѣмъ же порядкомъ, довольно впрочемъ шаблоннымъ, какимъ они и повсюду составляются, т. е. наносилась двумя линіями проектная трасса, а между ней и берегами запроектировывались выправительныя сооружения. Мнѣ приходилось на одномъ изъ этихъ съѣздовъ принимать участіе въ разсмотрѣніи проекта выправленія рѣки на Телячемъ Бродѣ и тамъ, какъ извѣстно, уже достигнуто улучшеніе судоходныхъ условій. Упрекомъ выправленію ставятъ большею частью работы подъ Нижнимъ и у Саратова. У перваго пункта, дѣйствительно, была трудная специальная задача—удержать русло у Сибирской пристани, находящейся на правомъ берегу Волги, и въ то-же время сохранить отъ замелѣнія входъ въ Курбатовскій затонъ на лѣвомъ бе-



регу, и для этого требовалось осуществить крутой поворот русла. Несомненно, когда имѣется въ виду одно лишь выправленіе рѣки, задача инженера сравнительно проста, но когда прибавляются спеціальныя требованія судоходства относительно, напримѣръ, расположенія пристаней и удержанія отъ обмелѣнія подходовъ къ нимъ, тогда задача усложняется; однако-же по неудачѣ, послѣдовавшей подъ Нижнимъ, не слѣдуетъ заключать, что проектъ былъ, вообще, невыполнимъ. Мое мнѣніе таково, что если бы въ то время въ распоряженіи Округа былъ сосунъ Бетса, то онъ-бы могъ успѣть сдѣлать широкую прорѣзъ въ косѣ, перекинуть массу песка въ промежутки между сооруженіями лѣваго берега и такимъ образомъ обезпечить исполненіе проекта и одержать побѣду въ борьбѣ съ рѣкою, въ борьбѣ никогда нежелательной, но вынужденной въ данномъ случаѣ приведенными спеціальными требованіями. Вспоминая объ этой неудачѣ, я обращаю Ваше вниманіе, господа, на то, на сколько землечерпаніе, при сильной машинѣ и сравнительной дешевизнѣ работы, можетъ быть полезно и вполне пригодно для достиженія и обезпеченія успѣха улучшенія русла, будучи примѣнено совмѣстно съ выправительными работами.

Примѣръ неуѣнчавшихся успѣховъ Саратовскихъ работъ побуждаетъ меня привести для сравненія работы на Днѣпрѣ по приведенію его къ городу Кременчугу; работы эти были исполнены въ концѣ восьмидесятихъ годовъ, и о нихъ докладывалось еще въ 1892 году съѣзду гидротехниковъ. Лѣвый пригородный рукавъ Днѣпра обмелѣлъ тогда почти до суха, и для возвращенія въ него воды нужно было закрыть правый рукавъ, т. е. переслудить всю рѣку. Землечерпательныхъ приборовъ въ то время у насъ никакихъ не было; поэтому, во избѣжаніе катастрофъ для судоходства пришлось возводить запруды, постепенно ихъ возвышая, начавъ съ донныхъ загражденій главнаго русла. Работы исполнены были въ три года, и уже въ 1890 году Городское Кременчугское Управленіе чествовало бывшего Министра Гюббенета обѣдомъ въ Кременчугѣ, принося благодарность за приведеніе Днѣпра къ городу. Всѣ работы обошлись около 155



тысячъ рублей. Спрашивается для приблизительнаго подсчета, во сколько-бы, сообразно съ этою суммою, должно было обойтись приведение Волги къ Саратову. Для перваго приближенія можно принять, что объемы выправительныхъ сооружений, а слѣдовательно, и стоимость ихъ пропорціональны отношенію количествъ протекающей воды, т. е. расходамъ воды, а при равныхъ уклонахъ и скоростяхъ пропорціональны отношенію площадей поперечныхъ сѣченій; при одинаковой-же формѣ этихъ сѣченій квадратамъ ширинъ русла. Ширина Днѣпра у Кременчуга въ меженное время отъ 125 до 240 саж., а Волги у Саратова, полагаю, отъ 500 до 1000 саж., отношеніе ихъ около 4. Поэтому отношеніе стоимости работъ будетъ около 16. Итакъ, по приблизительному представленію о размѣрѣ средствъ, потребныхъ для успѣшнаго приведенія Волги къ Саратову, оказывается нужно было-бы около  $155.000 \times 16 =$  около  $2\frac{1}{2}$  милліоновъ рублей. Если, какъ помнится, на улучшеніе Волги на Телячьемъ Бродѣ затрачено что-то 3 или 4 милліона, то нашъ приблизительный подсчетъ никакъ нельзя считать преувеличеннымъ. Столь крупная затрата, сдѣланная при томъ не для улучшенія транзитнаго русла, а только для подхода къ одному городу, наврядъ-ли оправдывается размѣромъ дѣйствительной потребности судоходства. И вотъ, полагаю, въ громадности требующихся средствъ и въ необезпеченности ихъ отпуска и была причина Саратовской неудачи. У насъ-же на Днѣпрѣ, благодаря меньшему масштабу рѣки, всегда оказывалось возможнымъ получать средства на завершеніе предпринимавшихся выправленій.

По приведеннымъ соображеніямъ на вопросъ о томъ, — „слѣдуетъ-ли выправлять Волгу и можно ли рассчитывать на успѣхъ?“ долженъ послѣдовать одинъ только отвѣтъ: „не имѣется сомнѣнія въ успѣхѣ выправительныхъ работъ; отправления-же судоходства можно считать безопасными, обезпеченными противъ временныхъ катастрофъ при совмѣстномъ примѣненіи и черпательныхъ работъ; но вмѣстѣ съ тѣмъ способъ этотъ ни сейчасъ, ни въ близкомъ будущемъ непримѣнимъ по очевидной невозможности затрачивать на выправленіе Волги колоссальныя, требующіяся на это, средства“. Все



это, господа, вы сами, въ той или другой степени, вѣроятно, признаете, и я счелъ нужнымъ формулировать только наши общія мысли для выясненія той кажущейся разницы въ результатахъ работъ, которая обнаружилась на Волгѣ и на Днѣпрѣ.

Приверженцы „землечерпанія во что-бы то ни стало“ указывали не разъ на малоуспѣшность черпательныхъ работъ на мѣстахъ, выправляемыхъ посредствомъ сооружений. Полагаю, что причиною этого было недостаточное объединеніе въ распоряженіяхъ тѣми и другими работами и недостаточное изслѣдованіе рѣчного теченія, а здѣсь-то подобныя изслѣдованія и весьма важны, и необходимы. Причину неуспѣшности землечерпательныхъ работъ на нѣкоторыхъ изъ выправлявшихся на р. Волгѣ перекаатовъ можно, пожалуй, искать и въ неправильности расположенія самыхъ сооружений, дѣйствіе которыхъ на рѣчное теченіе настолько сильно и въ то же время можетъ быть настолько неблагоприятно влѣдствіе неправильности въ очертаніи трассы, что не позволяетъ теченію свободно вступить въ прорѣзъ и вдоль нея сохраниться.

Такія точныя и подробныя изслѣдованія, между прочимъ, были произведены Инженеромъ Акуловымъ въ нѣсколькихъ мѣстахъ на р. Днѣпрѣ. Изображеніе результатовъ однихъ изъ такихъ изслѣдованій на представляемыхъ моделяхъ даетъ мнѣ возможность ознакомить Васъ съ планомъ совмѣстнаго при-  
мѣненія здѣсь выправительныхъ и черпательныхъ работъ.

Представляемая Вамъ, Милостивые Государи, модели изображаютъ небольшую часть мели на р. Днѣпрѣ близъ сель Рудяковъ и Стаекъ, въ семидесяти верстахъ ниже г. Кіева, близъ того мѣста, у котораго Днѣпровское русло подходитъ впервые, не считая самаго Кіева, къ столь высокому правому берегу (около 40 саж. надъ водою) и затѣмъ у него держится, за малыми отступленіями, почти на стоверстномъ протяженіи, послѣ чего вновь отходитъ на середину своей долины. Мель эта отличается можно сказать доисторическою давностью, ибо еще въ глубокой древности это мѣсто на рѣкѣ называлось, какъ значится въ лѣтописи, — „Святославовъ-



бродъ.“ Причины возникновенія мели и постояннаго ея существованія, конечно, на столько-же древни, или еще болѣе древни, чѣмъ самое названіе. Основная причина заключается въ очертаніи незатопляемаго праваго берега, который, дѣлая выше этого мѣста поворотъ подъ прямымъ угломъ (см. прилагаемый планъ на листѣ I-мъ), выступаетъ далеко въ долину рѣки, образуетъ подпоръ весеннихъ водъ и отбиваетъ струи весенней воды въ лѣвую сторону на средину весенней поймы; между тѣмъ какъ меженная вода, вслѣдствіе вліянія другихъ обстоятельствъ, сохраняетъ постоянно свое теченіе у подошвы праваго, высокаго и крутого берега. Болѣе подробно причины существованія Рудяково-Стайковской мели изложены мною въ докладѣ съѣзду гидротехниковъ „Днѣпровскій водный путь,“ сдѣланномъ въ 1892 году. Результатомъ вѣковыхъ дѣйствій сказанной причины,—значительной разницы въ направленіяхъ весенней и меженной водъ,—произошло и поддерживалось раздѣленіе рѣки на нѣсколько рукавовъ и развѣтвленіе главнаго русла на массу протоковъ, отдѣленныхъ подвижными, песчаными просередками, какъ это видно на прилагаемомъ планѣ (листъ № 1), снятомъ въ 1898 году при приступѣ къ работамъ по улучшенію рѣки на этой мели. Цѣль работъ заключалась, во первыхъ, въ закрытіи меженного теченія по всѣмъ боковымъ рукавамъ и, во вторыхъ, въ выработкѣ и закрѣпленіи глубокаго русла въ главномъ рукавѣ, представлявшемъ цѣлую сеть неправильно расположенныхъ, мелкихъ протоковъ. Первая задача съ немалыми трудомъ и препятствіями уже закончена въ теченіе времени съ 1897 по 1903 годъ, а вторая задача исполняется болѣе постепенно и понынѣ. Для обезпеченія вѣрнаго успѣха при затратѣ, по возможности, меньшихъ средствъ, землечерпанію предоставлено здѣсь видное участіе въ выработкѣ рѣчной трассы и въ устроеніи судоходнаго русла. Произведенными выправительными и черпательными работами достигнуто уже значительное переформированіе русла, въ чемъ можно убѣдиться по сравненію модели съ соответственной частью плана, на которомъ мѣсто модели обведено пунктирными линіями. Повѣрочныя изысканія на разсматриваемой мели производятся



ежегодно, и по нимъ составляются планы, но я не представляю ихъ во избѣжаніе обремененія своего доклада приложеніями, а также и въ виду того, что по завершеніи работъ, описаніе ихъ должно составить предметъ особаго и, по всей вѣроятности, болѣе обширнаго доклада.

Представляемыя модели изготовлены техникомъ Владиміромъ Михайловичемъ Ивановымъ, состоящимъ при черпательномъ караванѣ „Днѣпровскій 2-ой“, слѣдующимъ, выработаннымъ этимъ техникомъ способомъ. Считаю необходимымъ описать его не потому, что признаю этотъ способъ совершеннымъ, а для того, чтобы облегчить господамъ гидротехникамъ трудъ и расположить ихъ къ изготовленію подобныхъ же моделей, возможно большее распространеніе и повтореніе коихъ весьма желательны въ видахъ детальнаго изученія механизма воздѣйствія рѣчного потока на формированія русла.

Для помѣщенія модели прочно сбивается изъ совершенно сухихъ досокъ ящикъ, длина и ширина котораго опредѣляется шириною рѣки, длиною изображаемаго участка и принятымъ масштабомъ. На нашихъ моделяхъ масштабъ принять 10 саж. въ 0,01 сажени или въ 0,001 натуральной величины. Первая модель, изображающая состояніе рѣки 1902 года, помѣщена въ ящикѣ длиною 0,33 саж., шириною 0,28 саж., считая по внутреннимъ сторонамъ ящика, и представляетъ рѣку на протяженіи 375 саж., считая по фарватеру; а вторая модель, относящаяся къ 1903 году, помѣщена въ ящикѣ длиною 1,02 саж., шириною 0,45 саж. и изображаетъ рѣку на протяженіи 1220 саженой. Глубина первого ящика 0,135 саж., а второго—0,15 саж.

Къ продольнымъ стѣнкамъ ящиковъ прикрѣплены (см. чертежи на листѣ 2-мъ) внутреннія, деревянные, поперечныя перегородки (черт. 1) для изображенія поперечныхъ профилей русла и береговъ. Для того, чтобы эти перегородки не погнулись и не покособились отъ надавливанія продольныхъ стѣнокъ и отъ сотрясенія при перевозкахъ,—между ними и стѣнками, а также и днищемъ ящика оставлены небольшія щели, при чемъ прикрѣпленіе перегородокъ къ стѣнкамъ сдѣлано посредствомъ винтиковъ (черт. 3), а въ щели между пе-



перегородками и днищемъ вставлены маленькія спиральныя пружины, имѣющія значеніе рессоръ (черт. 4). Закрѣпленіе перегородокъ на своихъ мѣстахъ сдѣлано посредствомъ вертикальныхъ парныхъ планокъ *C*, прибитыхъ къ продольнымъ стѣнкамъ ящика; между этими планками перегородки вставляются какъ въ пазы. Каждая перегородка состоитъ изъ двухъ дощечекъ, отстоящихъ одна отъ другой на 7 м.м., между которыми, какъ увидимъ далѣе, вставляется зеркальное стекло для изображенія части поперечнаго сѣченія, занятой водою. Каждая дощечка, во избѣжаніе ея растрескиванія и коробленія при измѣненіяхъ температуры и влажности воздуха, сдѣлана изъ трехъ фанерокъ, изъ коихъ двѣ наружныя, толщиною по 1 м.м., имѣютъ горизонтальныя волокна, а средняя, толщиною 3 м.м.—вертикальныя волокна, оканчивающіяся снизу и сверху торцами.

Въ обѣихъ дощечкахъ дѣлаются вырѣзки поперечныхъ профилей русла, соотвѣтственно даннымъ произведенныхъ промѣромъ глубинъ, при чемъ вертикальный масштабъ для ясности рельефовъ принятъ въ 0,03 натуральной величины, т. е. въ 30 разъ больше горизонтальнаго масштаба модели. Затѣмъ между дощечками вставляются и свинчиваются съ ними деревянные распорныя планки *a* (см. черт. 3), идущія между краями дощечекъ, а въ предѣлахъ русла, опускающіяся ниже наибольшей его глубины (черт. 1). Размѣры внутренняго прямоугольника, образуемаго планками *a* опредѣляютъ собою величину стекла, для закрѣпленія котораго въ планкахъ дѣлаются пазы въ 7 м.м. Зеркальныя стекла берутся толщиною въ 5 м.м. По концамъ поперечныхъ перегородокъ, за предѣлами русла (черт. 6), нашиваются тонкія доски *e*, на которыя ставятся ребра *f*, вырѣзанныя согласно даннымъ нивелировки береговъ, и укрѣпляются неподвижно посредствомъ парныхъ планокъ *g*.

Для изображенія поверхности рѣчного дна, между каждыми двумя поперечными перегородками натягивается желѣзный каркасъ или сѣтка съ отверстіями въ 1 кв. м.м., который гвоздиками прибивается къ верхнимъ торцевымъ оконечностямъ деревянныхъ пластинокъ и обрѣзывается вровень съ



ихъ краями, чтобы не мѣшать свободной вставкѣ и выниманію стеколъ. Для заполнения пустотъ каркаса и для образованія по немъ гладкой поверхности употребляется смѣсь столярнаго клея съ мѣломъ такой густоты, чтобы заполнить всѣ отверстія каркаса. Такимъ-же способомъ устраивается и поверхность береговъ, съ тою разницею, что для изображенія рѣзкихъ переходовъ въ ихъ рельефахъ, напримѣръ, овраговъ, крутыхъ частей береговъ и проч., примѣняется кромѣ каркаса и смазки еще и лѣпка, для которой матеріаломъ служитъ также смѣсь изъ клея и мѣла. Послѣ высыханія лѣпки и смазки поверхность ихъ окрашивается, соотвѣтственно природнымъ цвѣтамъ грунта и растительности, легкими тонами масляныхъ красокъ.

Поперечныя сооруженія, выступающія отъ береговъ въ русло, вырѣзываются изъ дерева и устанавливаются на подставкахъ, расположенныхъ ниже каркаса и прикрѣпленныхъ къ днищу и стѣнкамъ ящика.

Для изображенія надводной части берега, спланированного и укрѣпленнаго тюфячною выстилкою, по продольнымъ доскамъ *e* (черт. 6) поставлены ребра въ видѣ трехугольниковъ *d*, къ которымъ прибиты отдѣльные куски картона. Нашитымъ по картону гарусомъ изображены плетни, а въ клѣткахъ между ними наклеены мелкіе кусочки пемзы, которые, будучи окрашены въ лиловый цвѣтъ, изображаютъ загрузочный камень. Такимъ-же образомъ устроена и подводная часть берега, и головы полузапрудъ.

Въ описанномъ видѣ модель представляетъ собою рельефную картину обсохшаго рѣчного русла, по которой возможно детально изучить взаимное расположеніе плесовъ и перемеловъ. По ней можно даже догадываться и о расположеніи теченія, существовавшаго во время производства промѣровъ; однако-же, картина эта мертва: она представляетъ лишь объектъ дѣйствія живой силы воды—рыхлое рѣчное дно, но не изображаетъ ни направленія, ни скоростей усилій, дѣйствующихъ въ разныхъ пунктахъ движущейся массы воды. Для ознакомленія лицъ, не слыжавшихъ и не читавшихъ прежнихъ моихъ докладовъ, я считаю необходимымъ въ самыхъ крат-



кихъ словахъ объяснить примѣняемый нами способъ измѣренія направленія и скоростей теченія воды въ разныхъ точкахъ рѣчного потока. Для этого у насъ употребляется, такъ называемый, измѣритель рѣчныхъ струй или подводный флюгеръ съ вертушкою обыкновеннаго устройства, т. е. съ винтовыми лопастями. Чтобы устранить по возможности вліяніе побочныхъ возмущеній воды, производимыхъ частями прибора при ударѣ объ нихъ воды, — флюгеръ удаленъ отъ вертушки и помѣщенъ на концѣ желѣзнаго прута, длиною около 0,5 саж. Приборъ вращается на вертикальной металлической трубкѣ, къ которой прикрѣпленъ вверху указатель, движущійся по горизонтальному лимбу и дающій возможность измѣрять горизонтальные углы, образуемые флюгеромъ съ вертикальною плоскостью профили, въ которой устанавливается приборъ. Вертикальная осевая трубочка вставлена въ болѣе широкую желѣзную трубу, защищающую внутреннюю трубочку отъ изгиба подъ ударомъ текущей воды. Въ этой же наружной трубѣ помѣщаются тонкія проволоки, прикрѣпленныя къ флюгерному пруту по обѣ стороны отъ горизонтальной оси его вращенія. Верхніе концы этихъ проволокъ прикрѣплены къ коромыслу съ указателемъ, установленнымъ по срединѣ коромысла надъ центромъ его вращенія перпендикулярно къ коромыслу. Указатель ходитъ по вертикальному лимбу и даетъ возможность читать вертикалн. углы, показывающіе отклоненіе рѣчныхъ струй отъ горизонтальнаго направленія. Описанный приборъ устанавливается въ профиль неподвижно на рѣчномъ днѣ посредствомъ высокаго трехножнаго штатива и съ помощью особыхъ приспособленій приводится въ вертикальное положеніе. Для перевозки прибора вмѣстѣ съ его штативомъ служитъ плавучее приспособленіе, устроенное на двухъ связанныхъ большихъ лодкахъ съ необходимымъ промежуткомъ между ними. Описаніе прибора въ первоначальномъ его видѣ, безъ вертушки для измѣренія скоростей теченія, и въ слѣдующемъ, усовершенствованномъ состояніи были сдѣланы въ прежнихъ моихъ докладахъ на сѣздахъ 1893, 1894 и 1895 годовъ, а потому не останавливаюсь болѣе на этомъ предметѣ, а прилагаю фото-



графію, снятую при производствѣ тѣхъ самыхъ измѣреній въ разсматриваемомъ мѣстѣ Днѣпра, результаты коихъ изображены на представляемыхъ моделяхъ. Измѣренія струй производились здѣсь, при ширинѣ русла около 200 саж., на вертикаляхъ, отстоявшихъ на 10 саж. одна отъ другой, при чемъ скорости теченія и направленія струй измѣнялись на всѣхъ вертикаляхъ однообразно на глубинѣ  $\frac{1}{4}$  аршина отъ поверхности воды и затѣмъ внизъ черезъ каждыя  $\frac{1}{2}$  аршина. Для изображенія на модели измѣренныхъ въ натурѣ скоростей, употреблены англійскія стальные булавки (въ натуральную величину булавка изображена на 5 чертежѣ), установленныя подъ тѣми же углами къ плоскости стекла, подъ какими располагались струи къ плоскости профили, при чемъ величина булавокъ въ принятомъ масштабѣ (1 саж. въ 1 сек. — 0,04 саж.) соотвѣтствуетъ скоростямъ, измѣреннымъ въ натурѣ.

Булавки закрѣплялись слѣдующимъ образомъ. Въ стеклахъ просверливались сквозныя отверстія во всѣхъ точкахъ поперечнаго сѣченія, въ которыхъ дѣлались измѣренія, при чемъ для удобства вставки, изгибанія и закрѣпленія булавокъ, отверстіямъ придавалась не цилиндрическая форма, а форма двухъ воронокъ, какъ показано на 5-мъ чертежѣ. Просверливаніе стеколъ исполнялось довольно быстро мастерами при стекольномъ магазинѣ. Средняя, самая узкая часть отверстія заполнялась составомъ изъ смѣси желатина съ уксусной эссенціей. Пока эта замазка не успѣвала еще совершенно застыть, въ нее вставлялись булавки, у которыхъ предварительно отрывались головки, и каждая изъ нихъ изгибалась подъ измѣреннымъ угломъ соотвѣтственной струи. Затѣмъ клали новый слой замазки и послѣ окончательнаго его затвердѣнія отрѣзали концы булавокъ, дабы длина оставшихся ихъ частей точно по масштабу соотвѣтствовала величинѣ измѣренныхъ скоростей, равно окончательно зывѣрялись посредствомъ транспортировъ углы, образуемые булавками съ плоскостями горизонтальною и вертикальною. Въ тѣхъ немногихъ мѣстахъ, какъ напримѣръ въ водоворотахъ ниже головъ полузапрудъ, гдѣ флюгеръ измѣрителя не останавливался въ одномъ положеніи, а дѣлалъ значительныя, непрерывныя, мед-



ленные качательные перемещения, на модели изображены два предельные направления крайних струй, а оконечности булавок, их изображающих, соединены между собою. Изготовленное таким образом, стеклянное, поперечное сечение вставлялось на приготовленное для него место модели.

Въ дополнение и пояснение картины, изображенной моделями, приведу некоторыя свѣдѣнія о показанныхъ на нихъ сооруженіяхъ. Тюфячная береговая обдѣлка лѣваго берега (№ 2-ой) построена въ 1900—1902 годахъ, имѣетъ протяженіе около 800 саж., обошлась 55.000 рублей. Струенаправляющая фашинная продольная плотина лѣваго берега построена въ 1900 и 1901 годахъ, имѣетъ протяженіе 330 саж., стоила 42.000 руб., подвергается значительнымъ поврежденіямъ. Полузапруды лѣваго берега хорошо видна на прилагаемой фотографіи, построена въ 1900 и 1901 годахъ, имѣетъ протяженіе 360 саж., стоила 36.000 руб. Наконецъ верхняя по теченію полузапруды праваго берега построена въ 1903 году, длиною 98 саж., обошлась около 7.000 руб.; что-же касается нижней полузапруды, то о ней подробно будетъ сказано далѣе.

Разсматривая форму мели на первой (1902 года) модели, можно видѣть, что гребень мели вытянулся вдоль русла и образовалъ съ линіею праваго берега очень острый уголъ. Широкая часть русла, лежащая по лѣвую сторону отъ гребня мели, сплошь мелка, правая-же глубока и, несмотря на малую свою ширину, вмѣщаетъ почти всю меженнюю воду, которая притекаетъ сюда, переливаясь, какъ показываютъ стрѣлки модели, черезъ гребень мели по приблизительно нормальнымъ къ нему направленіямъ, и затѣмъ со страшною силою ударяетъ въ правый берегъ и размываетъ его. Результатомъ довольно быстрого размыва образовалась значительная уже впадина въ высокомъ и довольно крутомъ берегѣ, заставившая въ прошломъ году принять мѣры къ прекращенію дальнѣйшаго размыва, дабы избѣжать необходимости впослѣдствіи маскировать впадину въ берегѣ посредствомъ возведенія длинныхъ, дорого стоящихъ выправительныхъ сооружений по большимъ глубинамъ русла.



Мѣры и сооруженія, употребляемыя для прекращенія та-  
кихъ явленій, т. е. противъ размывовъ береговъ, можно раз-  
дѣлить на двѣ, рѣзко различающіяся по дѣйствию возводи-  
мыхъ сооруженій, категоріи, изъ коихъ къ первой слѣдуетъ  
отнести укрѣпленія поверхности береговъ, береговыя обдѣл-  
ки, которыя имѣютъ пассивный характеръ, защищаютъ бе-  
рега, но не воздѣйствуютъ на причины ихъ размывовъ, не  
имѣютъ цѣлью отклонить, отбросить, рѣчное теченіе отъ бе-  
реговъ; ко второй-же категоріи относятся активныя, воздѣй-  
ствующія на рѣчное теченіе, сооруженія, которыя можно назвать  
выправительными, струенаправляющими или струеотбойными.  
Къ послѣдней категоріи работъ слѣдуетъ причислить и земле-  
черпаніе, которое въ подобныхъ случаяхъ имѣетъ цѣлью от-  
вести отъ берега теченіе, направляя его по прорываемымъ  
прорѣзамъ.

Неудачныя или, вѣрнѣе сказать, незаконченныя выправи-  
тельные работы на Волгѣ послужили причиною образованія,  
въ видѣ компромисса между исправителями и землечерпате-  
лями, того мнѣнія, что пока еще не доказана возможность  
успѣшно выправлять столь большія рѣки, какъ Волга, слѣ-  
дуетъ на нихъ ограничиться однимъ лишь землечерпаніемъ и  
укрѣпленіемъ береговъ. Но на основаніи своей многолѣтней  
практики и очень простыхъ соображеній, я не могу при-  
знать такого мнѣнія правильнымъ, что и постараюсь пояс-  
нить на одномъ изъ числа многихъ примѣровъ, пользуясь  
представляемыми моделями.

Въ разсматриваемомъ нами мѣстѣ р. Днѣпра пришлось-  
бы устроить береговую обдѣлку праваго берега на протяже-  
ніи около 300 пог. саж. Если сдѣлать ее изъ фашинныхъ тю-  
фяковъ (одинъ изъ распространенныхъ на Днѣпрѣ типовъ  
береговыхъ укрѣпленій), толщиною въ аршинъ, а шириною  
по надводной и подводной частямъ берега въ 12 саж., стои-  
мостью приблизительно по 15 руб. за квадр. саж. тюфяка  
или 180 руб. за погон. сажень обдѣлки, то устройство всей  
обдѣлки стоило-бы около 54 тысячъ рублей, а прибавляя до  
35 процентовъ на послѣдующій капитальный ремонтъ, можно  
предположить, что подобное укрѣпленіе части праваго бере-



га обошлось-бы до 73.000 рублей, при чемъ теченіе на близлежащей части русла не было-бы еще выправлено. Между тѣмъ устройство одного потребовавшася здѣсь выправительнаго сооруженія, какъ увидимъ далѣе, обошлось въ нѣскольکو разъ дешевле, а воздѣйствіе сооруженія на измѣненіе направленія струй обнаружилось съ полнымъ эффектомъ.

Вообще, пассивныя укрѣпительныя сооруженія, распространяясь на все протяженіе подмываемыхъ береговъ, обходятся дороже отдѣльныхъ струенаправляющихъ сооруженій, т. е. такъ называемыхъ полузапрудъ и иногда короткихъ продольныхъ плотинъ; поэтому слѣдуетъ по возможности избѣгать постройки береговыхъ обдѣлокъ, исключая тѣхъ случаевъ, когда укрѣпленію подлежитъ круто вогнутый берегъ съ прижатымъ къ нему фарватеромъ, или же, когда поперечныя плотинки окажутся очень короткими. Что особенно не выгодно въ примѣненіи пассивныхъ берегоукрѣпительныхъ сооруженій, это продолжающійся послѣ ихъ устройства прежній ударъ воды въ нихъ и возлѣ нихъ въ рѣчное дно. На невыправленномъ руслѣ рѣчныя струи по прежнему будутъ сваливаться съ гребня подводной косы до тѣхъ поръ, пока сія послѣдняя не спустится и не закроетъ подошвы берегового укрѣпленія, которое послѣ того сдѣлается бесполезнымъ, а употребленныя на него средства окажутся затраченными непроизводительно для выправленія русла. Случалось иногда, что ремонтныя исправленія и возобновленіе разрушаемыхъ частей береговой обдѣлки оказывались дороже первоначальнаго ея возведенія; равно не рѣдки случаи и занесенія наносами болѣе или менѣе значительныхъ частей береговыхъ обдѣлокъ. Наконецъ, послѣ полнаго выправленія русла, подводная коса, шедшая сплошь отъ одного берега до другого, размывается водъ дѣйствіемъ выше и ниже размѣщенныхъ сооружений и теченіе устанавливается вдоль обдѣлки, но не ударяетъ уже въ нее и не подмываетъ ее, а потому дѣлаетъ излишнею ту сильную и дорогую конструкцію, которая требовалась при возведеніи обдѣлки для защиты берега отъ нормальнаго удара въ него воды. Поэтому представлялось несомнѣннымъ, что постройка полузапруды въ рассматриваемомъ мѣстѣ рѣки была



гораздо болѣе выгодною, но рѣшиться на возведеніе ея было рискованно, ибо, какъ видно на модели, сооруженіе это представляло по своему назначенію не полузапруду, а скорѣе глухую запруду всего Днѣпровскаго теченія, такъ какъ оставленная незакрытою часть площади поперечнаго сѣченія была очень мала по сравненію съ закрываемою глубокою ея частью. Во избѣжаніе, съ одной стороны, временнаго прекращенія судоходства и, съ другой стороны, снесенія напоромъ воды самой фашиной запруды — найдено было необходимымъ прибѣгнуть къ черпанію въ обходъ проектной головной оконечности полузапруды. Устройствомъ прорѣзи черезъ гребень косы одновременно достигалась какъ задача отвлеченія теченія отъ прилежащаго берега, а слѣдовательно уменьшеніе его размыва, такъ и цѣль общаго выправленія рѣчного русла. При содѣйствіи землечерпанія сооруженіе фашиной полузапруды, возведенной всего на одномъ слоѣ фашинныхъ тюфяковъ, не встрѣтило препятствій и, будучи ведено довольно быстро, обошлось всего около 11.000 рублей, а землечерпательныя работы, которыя все равно потребовались-бы здѣсь безъ постройки полузапруды, стоили до 18.000 руб.

Если сравнить бытъ рѣки, изображенный на нашихъ двухъ моделяхъ, то особенное вниманіе обращаетъ на себя уклоненіе рѣчныхъ струй отъ праваго берега, замѣчаемое не только поблизости и не только ниже полузапруды, которая расположена близъ средней 17-й профили малой модели, но повсемѣстно по всей мели, по веѣмъ семи профилямъ малой модели отъ 14-й до 20-й, которымъ на большой модели соотвѣтствуютъ профили подъ тѣми же номерами. Измѣреніе отклоненія стрѣлокъ на средней 17-й поперечной профили даетъ углы отклоненія отъ 25 до 50 градусовъ, при чемъ даже поблизости противоположнаго лѣваго берега наблюдается замѣтное отклоненіе струй. Такія-же уклоненія струй замѣчаются и на 18-й профили; на 19-й и 20-й профиляхъ оно нѣсколько меньше. Также нѣсколько меньше, чѣмъ на средней профили, уклоненіе струй на вышележащихъ трехъ профиляхъ; тѣмъ не менѣе оно замѣчается даже у оконечности лѣвой продольной плотины, хотя здѣсь оно маскируется дѣйствіемъ косы, спу-



скающейся вдоль праваго берега. Отклоненіе струй отъ праваго берега направило ихъ на струи, притекающія слѣва и повлекло вслѣдствіе этого образованіе сходящагося, сбойнаго теченія, какъ видно на второй модели особенно ясно на 18-й, 19-й и 20-й профиляхъ ниже полузапруды. Сбойное теченіе произвело переформированіе русла, оно размыло гребень или свалье косы, въ результатъ чего поперечныя сѣченія русла ниже полузапруды, представлявшія прежде, какъ видно на первой модели, узкіе трехугольники, прижатые къ правому берегу, получили форму сравнительно широкихъ трапецій, отодвинувшихся къ серединѣ русла.

Описанные результаты возведенія одного только и притомъ довольно короткаго струеотбойнаго сооруженія оказались на основаніи точно произведенныхъ изслѣдованій столь велики, что нужно полагать, и крайніе приверженцы одного только выправленія не могли-бы на нихъ разсчитывать. Въ данномъ случаѣ можно установить несомнѣнно, что измѣненія въ направленіи и расположеніи рѣчныхъ струй и переформированіе русла послѣдовали не отъ землечерпательной прорѣзи, а отъ вліянія отбоя воды плотиною, такъ какъ очертаніе прорѣзи сгладилось и исчезло, и струи съ бывшимъ ея направленіемъ не совпадаютъ. Обозначенное на модели благопріятное расположеніе струй обусловлено однимъ лишь новымъ по сравненію съ предыдущимъ годомъ явленіемъ—существованіемъ искусственно сдѣланнаго выступа праваго берега въ видѣ полузапруды, воздѣйствію которой слѣдовательно и необходимо приписать всѣ измѣненія и достигнутые результаты. Вотъ если-бы не было сдѣлано изслѣдованіе рѣчныхъ струй до и послѣ работъ, то, конечно, могло-бы явиться сомнѣніе относительно того, какимъ работамъ и въ какой степени слѣдуетъ приписать достигнутые результаты. Въ первый-же годъ послѣ производства работъ явилось-бы недоразумѣніе въ оцѣнкѣ относительно дѣйствія на рѣчное русло выправительныхъ и черпательныхъ работъ, примѣненныхъ одновременно въ этомъ мѣстѣ рѣки, а съ теченіемъ времени разномысліе во взглядахъ и заключеніяхъ приверженцевъ того и другого способовъ улучшенія рѣки обыкновенно растутъ и достигаютъ край-



ностей. Такъ, напримѣръ, еще черезъ два—три года, когда выработка русла закончится, и правая песчаная сухая коса сместится до головы построенной полузапруды, между производителями работъ черпательныхъ и выправительныхъ могъ-бы произойти такого рода споръ: „Къ чему вы строили эту полузапруду,“ сказалъ-бы землечерпатель, — „видите, коса прикрыла ее голову и отдѣлила плотину отъ рѣчного русла такъ, что она совсѣмъ не дѣйствуетъ на теченіе, а посмотрите, какъ я удачно выбралъ тогда направленіе прорѣзи: вся рѣка пошла по ней“. На это ему производитель выправительныхъ работъ отвѣтилъ-бы слѣдующее:

„Коса, отдѣлившая мою полузапруду отъ русла, закрыла и вашу прорѣзь, отъ которой и слѣда не осталось. Но моя полузапруда цѣла и сдѣлала свое дѣло, тогда какъ ваша прорѣзь, стоившая гораздо дороже, исчезла бесполезно“. Онъ забудетъ, что безъ черпательной прорѣзи нельзя было-бы рѣшиться на возведеніе одной полузапруды, во избѣжаніе хотя-бы только и кратковременнаго прекращенія пароходнаго движенія, что разрывъ сооруженія и углубленіе прорвы потребовало-бы сравнительно большихъ средствъ на завершеніе работъ, и что успѣхъ былъ-бы далеко не въ той мѣрѣ и такъ быстро достигнутъ. Такимъ образомъ результаты совмѣстнаго примѣненія выправленія и землечерпанія безъ повторительныхъ и точныхъ измѣреній могутъ послужить не къ уясненію сравнительной цѣлесообразности этихъ способовъ, а скорѣе къ развитію и укрѣпленію одностороннихъ ложныхъ взглядовъ, что и наблюдалось ранѣе и на Днѣпрѣ и въ особенности на Волгѣ.

Повторяю, что при производствѣ выправительныхъ работъ, черпаніе нерѣдко бываетъ не только весьма полезно, но даже необходимо, давая возможность выполнять весьма смѣлыя предначертанія, на которыя прежде можно было рѣшаться развѣ только на такой малой рѣкѣ какъ Припять, но никакъ не на Днѣпрѣ, ни тѣмъ болѣе на Волгѣ. Я могъ-бы привести изъ практики въ Кіевскомъ Округѣ нѣсколько примѣровъ таковой совмѣстной работы выправительныхъ сооружений и черпанія на Днѣпрѣ за послѣдніе годы, но не буду



на этомъ утомлять Вашего вниманія, а попутно укажу только на одно, по существу неудовлетворимое требованіе, нерѣдко предъявляемое приверженцами выправленія quand même къ сохранности, неподвижности черпательныхъ прорѣзей. Между тѣмъ, если принять во вниманіе, что прямолинейнаго параллельнаго движенія жидкости въ природѣ не существуетъ, и при криволинейномъ движеніи воды въ рѣчномъ песчаномъ руслѣ, одинъ берегъ всегда размывается, а другой въ большинствѣ случаевъ нарастаетъ, — нельзя не прийти къ тому заключенію, что ни одна прорѣзь не можетъ по природѣ вещей сохранить своего мѣста и своего расположенія, тѣмъ болѣе, что на меляхъ обнаруживается быстрое передвиженіе наносовъ. Каждая изогнутая прорѣзь должна двигаться въ сторону вогнутаго берега и спускаться внизъ по теченію подобно тому, но только несравненно быстрее, какъ движется, медленно перемѣщаясь, и самое рѣчное русло. Можно-ли требовать неподвижности прорѣзи на песчаной мели, гдѣ ни одна частица грунта не остается въ покоѣ, гдѣ въ предѣлахъ дѣйствія рѣчного потока все передвигается и передвигается быстро, беспорядочно и въ разныхъ направленіяхъ. Свойственно-ли одной лишь черпательной прорѣзи сохранить свое мѣсто, тогда какъ по ней и около нея происходитъ усиленный размывъ и передвиженіе грунта.

Я очень доволенъ, что съ помощью представленныхъ моделей имѣлъ возможность привести фактическія данныя для уясненія нѣсколькихъ спорныхъ вопросовъ, важныхъ въ практическомъ отношеніи въ дѣлѣ улучшенія нашихъ рѣкъ.

Многія выправительныя работы, исполненныя за границею, достигшія несомнѣннаго углубленія рѣкъ; неоднократно засвидѣтельствованное судоходцами улучшеніе Днѣпра и его притоковъ; улучшеніе Волги на Телячемъ Бродѣ и вышеприведенныя соображенія относительно прочихъ Волжскихъ работъ, конечно, должны убѣдить cadaго, непредубѣжденнаго ранѣе человѣка въ несомнѣнной цѣлесообразности и надежности этого способа углубленія. Но для насъ специалистовъ рѣчного дѣла далеко не достаточна еще увѣренность



въ успѣхѣ, намъ необходимо кромѣ того, для наилучшаго и вполне сознательнаго примѣненія этого способа, для достиженія возможно большаго успѣха,—уяснить себѣ какъ въ общихъ чертахъ, такъ затѣмъ и въ деталяхъ, процессъ или механизмъ воздѣйствія выправительныхъ сооружений на рѣчное течение и сего послѣдняго на переформированіе рѣчного русла. До тѣхъ поръ, пока движенія, происходящія въ водномъ потокѣ были недоступны нашимъ измѣреніямъ относительно направленій и скоростей, невозможно было съ достаточной для всѣхъ ясностью доказать могущественное воздѣйствіе выправительнаго сооружения на теченіе рѣчного потока и цѣлесообразную работу сего послѣдняго на переформированіе своего ложа.

Изображенный на моделяхъ примѣръ выправленія русла приводится мною не какъ единичное доказательство необходимости и полной благонадежности выправленія русла, чему многочисленныя доказательства приведены были ранѣе, а какъ способъ выясненія процесса выправленія русла или механизма обращенія воды на желательное измѣненіе формы русла. Для детальнаго изученія этого механизма необходимы многочисленные и возможно научно поставленныя точныя наблюденія и измѣренія. Изображеніе результатовъ такихъ измѣреній на моделяхъ даетъ возможность сравнительно быстрого уясненія явленій и достовѣрныхъ заключеній.

По изложеннымъ соображеніямъ нельзя не признать весьма желательнымъ производство подобныхъ наблюденій при производствѣ всѣхъ болѣе или менѣе значительныхъ работъ по улучшенію нашихъ рѣкъ.

Относительно второго способа углубленія рѣкъ—землечерпанія представляемыя модели дали мнѣ возможность подтвердить и объяснить весьма важное значеніе этихъ работъ и въ особенности употребленія возможно сильныхъ черпательницъ при постройкѣ выправительныхъ сооружений, каковое значеніе заключается въ удешевленіи стоимости выправленія, въ ускореніи достиженія благоприятныхъ отъ него результатовъ для судоходства и въ обезпеченіи непрерывности движенія судовъ по выправляемымъ участкамъ рѣкъ.



Наконецъ относительно практичности третьей мѣры улучшения или упорядоченія нашихъ рѣкъ, — исключительно одного укрѣпленія размываемыхъ береговъ, я имѣлъ возможность указать и подтвердить нецѣлесообразность примѣненія однихъ только пассивныхъ сооружений, береговыхъ укрѣпленій или обдѣлокъ, такъ какъ въ неурегулированномъ руслѣ онѣ постоянно подвержены или усиленному подмыву ударяющею въ нихъ водою, или заносу песками при удаленіи теченія отъ нихъ, при чемъ въ первомъ случаѣ производятся излишніе расходы на капитальныя исправленія поврежденій, а во второмъ случаѣ и самый расходъ на возведеніе сооруженія оказывается потеряннымъ непроизводительно. Между тѣмъ сооруженія струеотбойныя и струенаправляющія, предохраняя берега отъ размывовъ, углубляютъ русло и вмѣстѣ съ тѣмъ закрѣпляютъ его въ достигнутомъ ими-же, удобномъ для судоходства состояніи. При всемъ томъ сооруженія эти никакъ не дороже береговыхъ укрѣпленій, а при примѣненіи одновременно землечерпанія они несомнѣнно обходятся дешевле. Последующее-же существованіе береговыхъ обдѣлокъ гораздо менѣе обезпечено по сравненію съ выправительными сооружениями, такъ какъ сіи послѣднія заносятся наносами и подвергаются удару воды только въ головныя оконечности, поддержаніе которыхъ ремонтомъ не затруднительно и стоитъ недорого; а береговыя обдѣлки приходится иногда почти сплошь возобновлять черезъ лѣтъ 10—20 послѣ ихъ возведенія.

При этомъ я долженъ оговориться относительно того, что всѣ приведенныя мною данныя и соображенія относятся главнымъ образомъ къ береговымъ укрѣпленіямъ, возводимымъ въ предѣлахъ мелей, перекатовъ, гдѣ приходится выправлять или исправлять русло и рѣчное теченіе, гдѣ приходится бороться съ рѣкою, и гдѣ по одному этому уже пассивныя мѣры не могутъ привести къ успѣху. Что-же касается фиксирования существующаго благопріятнаго для судоходства положенія русла гдѣ струи не бьютъ въ берегъ поперекъ его направленія, но гдѣ въ недалекомъ будущемъ можно ожидать ухудшенія, что наблюдается обыкновенно на перевалахъ въ плесахъ, — тамъ береговыя обдѣлки, сравнительно облегченна-



го типа, менѣ дорогія, менѣ нуждающіяся въ капитальныхъ исправленіяхъ, безусловно умѣстны и цѣлесообразны. Но къ постройкѣ ихъ мы встрѣчаемъ непреодолимое пока препятствіе—невозможность большихъ затратъ по причинѣ громаднаго протяженія нашихъ рѣкъ, малочисленности населенія, низкой сельско-хозяйственной культуры и малоцѣнности прибрежныхъ земель.

---



## Часть II.

Содержаніе: 1. Устарѣвшее традиціонное представленіе о параллелеструйности теченія жидкости. 2. Необходимость при суженіи русла распространять такое на всю рѣку внизъ по теченію. 3. Недостаточные для судоходства результаты сплошнаго суженія рѣкъ и вредныя его послѣдствія. 4. Безцѣльность и вредъ двухбережной или двухлинейной рѣчной трассы. 5. Традиціонное, совершенно неправильное представленіе о плоскомъ живомъ сѣченіи потока. 6. Законъ внутреннихъ перемѣщеній въ движущейся массѣ воды. 7. Примѣненіе этого закона къ изученію движенія рѣчного потока по руслу съ подвижнымъ дномъ. 8. Взаимная зависимость между расположеніемъ теченія и формою рѣчного дна, обуславливающая постоянство плесовъ и перемеловъ. 9. Подтвержденіе теоретическихъ выводовъ посредствомъ наблюденій надъ явленіями въ природѣ и результатовъ измѣреній подводнымъ флюгеромъ. 10. Правила построенія искусственныхъ вогнутыхъ береговъ. 11. Выпрямленіе теченія на перемелахъ русла. 12. Разъясненіе предвидимыхъ возраженій на мою систему выправленія рѣчного теченія. 13. Эволюція въ системѣ углубленія большихъ рѣкъ. 14. Обращеніе къ слушателямъ участникамъ Съѣзда.

---

Гдѣ широко, тамъ и мелко, а гдѣ узко тамъ и глубоко. Заключеніе это сдѣлано было судоходцами очень давно и по существу въ большинствѣ случаевъ оно вѣрно; но по незнанію законовъ движенія воднаго потока объясненіе подобной зависимости между шириною и глубиною рѣкъ дѣлалось неправильно, а потому и исключенія не могли ничѣмъ быть объяснены. Неправильность заключалась въ представленіи движенія воды параллелеструйнымъ. Ложе воднаго потока представлялось прежнимъ годротехникамъ, почитавшимъ стѣсненіе коренною мѣрою углубленія рѣкъ, въ формѣ ложбины или корыта, приблизительно по срединѣ котораго проходитъ фарватеръ, причемъ, чѣмъ оно уже, тѣмъ онъ глубже. Все казалось настолько просто и правильно, ложе рѣки и теченіе настолько однообразно расположены, что кабинетные инженеры для полученія желаемой глубины, самоувѣренно вы-



числяли ширину проектного русла. Употреблявшіеся для этого, иногда очень сложныя, формулы, построенныя на неправильныхъ допущеніяхъ, несогласныхъ съ истинными законами движенія воды, никакого реальнаго значенія не имѣли и кромѣ очевидныхъ ошибокъ никому никогда никакой пользы не принесли и не могли принести. Между тѣмъ въ природѣ такихъ правильныхъ ложбинъ или корытъ рѣчное русло никогда не представляетъ. Всѣмъ извѣстно, что на достаточно выгнутомъ плесѣ фарватеръ лежитъ близко къ вогнутому и очень далеко отъ выпуклаго берега, а на меляхъ, которыя для насъ всего болѣе интересны, фарватера, ни какъ динамической оси разбросаннаго потока, ни какъ непрерывной глубокой впадины въ руслѣ, въ дѣйствительности нѣтъ, и мелководное дно имѣетъ почти горизонтальное очертаніе во всю ширину русла. Если начертимъ поперечную профиль мели, то увидимъ два углубленія у береговъ и широкую мелководную часть по срединѣ русла, черезъ которую и приходится направляться судамъ поперекъ рѣки отъ одного берега ея къ другому.

На нашихъ моделяхъ (смотри цвѣтныя фотографіи на листахъ IV и V) рельефно видно существованіе двухъ фарватеровъ, расположенныхъ поблизости береговъ и раздѣленныхъ широко подводною косою, идущею вдоль русла, причемъ поперечныя профили №№ 13, 14, 15 и 16 имѣютъ именно ту форму, о которой выше сказано.

Допущеніе параллелеструйнаго движенія привело къ прямолинейному и простому выводу, — что для углубленія русла нужно его суживать, нужно взять его въ искусственные берега, причемъ возможно и необходимо въ зависимости отъ желаемаго углубленія напередъ вычислить ширину, которую надлежитъ дать проектному руслу. При представленіи движенія параллелеструйнымъ не представлялось необходимымъ обращать вниманіе на расположеніе русла въ планѣ, такъ какъ на прямыхъ участкахъ движеніе воды представлялось особенно правильнымъ, почти прямымъ, какъ-бы въ искусственно и цѣлесообразно устроенномъ каналѣ, а въ кривыхъ частяхъ русла углубленія вдоль вогнутыхъ береговъ объясняли себѣ дѣйствіемъ центробѣжной силы. Затѣмъ стали тре-



бовать пологости поворотовъ русла, не допуская главнымъ образомъ крутизны изгибовъ, и такое малосознательное требование сохранилось даже до послѣдняго времени.

Очень много регуляціонныхъ работъ выполнено за границую по этой водостѣснительной системѣ, и онѣ принесли несомнѣнную пользу, онѣ упорядочили теченіе, уменьшили размывы береговъ, а слѣдовательно и количество наносовъ, влекомыхъ рѣкою, но онѣ далеко не доставили судоходству той глубины, ширины и постоянства фарватера, которыя могутъ быть достигнуты на этихъ рѣкахъ посредствомъ раціональнаго выправленія ихъ теченія.

Исходя изъ того, что гдѣ узко, тамъ и глубоко, нѣсколько столѣтій уже тому назадъ стали стѣснять теченіе, суживать русло на меляхъ. Однако вмѣстѣ съ нѣкоторымъ углубленіемъ мелей, являлись ниже ихъ по теченію новыя обмелѣнія, а прежнія увеличивались вслѣдствіе массы наносовъ, выносившихся изъ слишкомъ суженнаго русла. Вмѣстѣ съ тѣмъ обнаруживалось на регулируемыхъ мѣстахъ пониженіе горизонта воды и обмелѣніе вышерасположенныхъ переваловъ. На выправляемыхъ участкахъ никогда не достигалась предварительно назначенная глубина, и для достиженія ея принимались дополнителныя работы, производившія дальнѣйшее суженіе русла. Оказывалось необходимымъ и даже неотложнымъ продолжать водостѣсненіе внизъ по теченію вслѣдствіе появленія тамъ новыхъ обмелѣній, превышавшихъ иногда прежнія.

Такія послѣдствія возбуждали противъ регуляціонныхъ работъ справедливое нерасположеніе въ обществѣ и породили ярыхъ противниковъ среди техниковъ. Подобныя явленія повторялись столь часто и выражались столь рельефно, что и до настоящаго времени, несмотря на многіе очевидные успѣхи и за границую и у насъ, нѣкоторые инженеры огульно отвергаютъ возможность улучшенія рѣкъ посредствомъ выправительныхъ сооруженій. Еще чаще приходится слышать утвержденіе, что выправленіе отдѣльных мелей или участковъ рѣкъ безцѣльно, а что необходимо сразу проектировать выправленіе на всей судоходной части каждой рѣки и затѣмъ



постепенно приводить въ исполненіе полный проектъ на всемъ протяженіи. Мнѣніе такое вполне справедливо по отношенію къ водостѣсненію, такъ какъ, начавъ гдѣ-либо стѣснять русло, нигдѣ нельзя прекратить стѣсненія, не вызвавъ обмелѣнія ниже; но того-же далеко нельзя сказать по отношенію къ выправленію теченія. Въ дѣйствительности исправлять или выправлять необходимо и возможно только неправильныя по отношенію къ требованіямъ судоходства части рѣки; что-же касается удобныхъ, вполне судоходныхъ частей рѣкъ, то состояніе ихъ слѣдуетъ только закрѣплять посредствомъ, на примѣръ, берегоукрѣпительныхъ работъ, выправлять-же вовсе не требуется.

Итакъ, начавъ суженіе русла на самыхъ мелкихъ мѣстахъ, необходимо ожидать образованія ниже ихъ еще большихъ затрудненій для судоходства и быть готовымъ продолжать суженіе далѣе на всемъ протяженіи рѣки. Спрашивается, что-же послѣдуетъ затѣмъ, будутъ-ли достигнуты желаемые результаты послѣ сплошного суженія рѣчного русла. Согласно указаніямъ имѣющейся практики и теоретическимъ разсужденіямъ на это можно отвѣтить такъ: по отношенію къ углубленію русла цѣль будетъ достигнута только въ нѣкоторой степени, даже не въ той мѣрѣ, на которую обыкновенно рассчитывали въ подобныхъ случаяхъ, и далеко не въ той мѣрѣ, которой можно достигнуть выправленіемъ теченія. Однако-же, что особенно важно и нежелательно въ данномъ случаѣ, это появленіе вмѣстѣ съ незначительными положительными результатами результатовъ отрицательныхъ, а именно, увеличенія скорости теченія и сплошного пониженія горизонта воды. Суженіе русла не устраняетъ существующихъ неправильностей въ направленіи и расположеніи теченія а потому сіе послѣднее и послѣ суженія мѣстами слѣдуетъ не вдоль проектной трассы, а продолжаетъ располагаться по-прежнему,—поперекъ, причемъ послѣдствіемъ стѣсненія русла обнаруживается удлиненіе гребней подводныхъ косъ, сопряженное съ ихъ обмелѣніемъ. Само собою, конечно, при этомъ обнаруживаются увеличенія скоростей и подмывы береговъ какъ на перемелахъ такъ и на ближайшихъ частяхъ



плесовъ. Размытый и влекомый водою грунтъ вносить большой безпорядокъ въ суженное русло, такъ какъ здѣсь ему очень трудно найти мѣсто, гдѣ-бы онъ на долгое время получилъ спокойное для себя помѣщеніе. Средняя скорость теченія при суженіи русла, конечно, значительно возрастаетъ, но въ еще большей степени возрастаютъ наибольшія мѣстныя скорости теченія вслѣдствіе его невыправленности вдоль русла, имѣющаго въ планѣ самое разнообразное очертаніе и между прочимъ длинныя, слабо изогнутыя, почти прямыя вставки. Паденіе рѣки сосредоточивается въ опредѣленныхъ немногихъ мѣстахъ, образуя быстроты, препятствующіе свободному и безопасному судоходству и вызывающіе излишніе расходы на увеличеніе силы двигателей. Пониженіе горизонта отъ сплошнаго суженія русла особенно рѣзко выразилось на рѣкѣ Ронѣ и вызвало среди французскихъ инженеровъ въ концѣ семидесятыхъ годовъ прошлаго столѣтія большія нападенія.

У насъ значительное пониженіе горизонта наблюдалось у г. Кіева, гдѣ впрочемъ оно происходило подѣ влияніемъ не только суженія русла выправительными сооруженіями, но еще въ большей степени отъ суженія всей рѣчной долины дамбами двухъ мостовъ, шоссейнаго и желѣзнодорожнаго.

Пока верховья и притоки нашихъ большихъ рѣкъ не шлюзованы, пониженіе горизонта воды не можетъ угрожать очень дурными послѣдствіями, какъ напр. перестройкою шлюзовъ для пониженія королей, но, суммируясь (конечно не вполнѣ, а только частями) вверхъ противъ теченія, оно можетъ нѣсколько увеличить мелководіе верховьевъ и вызвать ухудшеніе мелей на притокахъ. По отношенію къ сельскому хозяйству пониженіе горизонта воды въ рѣкахъ ухудшаетъ качества заливныхъ луговъ и огородовъ и затрудняетъ подъемъ воды изъ колодцевъ и водоемовъ.

Съ тѣхъ поръ какъ стѣсненіе русла стали систематически примѣнять для углубленія рѣкъ, появилось начертаніе на планахъ проектнаго русла въ видѣ такъ называемой трассы, состоящей изъ двухъ непрерывныхъ, параллельныхъ прямыхъ или концентричныхъ кривыхъ линій. Непрерывность



и параллельность проектных береговых очертаний, наносимых до сих пор на планах улучшения рѣкъ, поддерживает къ сожалѣнію прежнее традиціонное представленіе гидротехниковъ о параллелеструйности движенія потока. Рассматривая такіе планы, такъ и думается, что составитель проекта наивно рассчитывалъ создать ровное, непрерывно однообразной ширины русло съ фарватеромъ плавно, полого изгибающимся между искусственными берегами.

Въ дѣйствительности сооруженія, возводимыя въ рѣчномъ потокѣ, представляютъ преграду свободному движенію воды и принимаютъ на себя ударъ рѣчныхъ струй, кои, отражаясь во все стороны, а въ томъ числѣ вверхъ и внизъ, нѣсколько приподнимаютъ поверхность воды и образуютъ подпоръ, а, обращаясь внизъ, размываютъ дно. Отразившіяся струи, встрѣчаясь съ другими притекающими, производятъ водовороты, отъ дѣйствія которыхъ также размывается рѣчное дно поблизости сооруженій. Отдѣльныя вымоины, образующіяся у сооруженій, размѣщенныхъ вдоль одного берега, сливаются въ одну общую, глубокую полосу вдоль этого берега, по которой и направляется новый фарватеръ. При возведеніи сооруженій вмѣстѣ съ тѣмъ и вдоль другого противоположнаго берега могутъ быть два случая, а именно: 1) если сооруженія пересекутъ рѣчныя струи, то у обоихъ береговъ образуется по отдѣльному фарватеру, т. е. обнаружится явленіе, наблюдаемое на перемелахъ и изображенное, какъ выше сказано, на нашихъ моделяхъ (профили №№ 13, 14, 15 и 16 на листахъ за №№ IV и V); 2) въ случаѣ отсутствія движенія воды, или такой медленности теченія, при которой ударъ струй, отражаемыхъ отъ сооруженій и направляющихся въ сторону дна, недостаточенъ для размыва сего послѣдняго, — возведеніе сооруженій не окажетъ воздѣйствія на рѣчное дно, а потому само по себѣ является излишнимъ и даже вреднымъ. И такъ какъ въ томъ, такъ и въ другомъ случаяхъ осуществленіе проектной двухбереговой трассы имѣетъ смыслъ и значеніе лишь только по отношенію къ одному берегу, къ которому желаютъ приблизить и направленіе котораго имѣютъ въ виду сообщить фарватеру; осуществленіе же



двухъ проектныхъ параллельныхъ береговъ оказывается не только безполезнымъ, но даже вреднымъ, вызывая въ водномъ потокѣ тенденцію къ раздѣленію на два отдѣльные протока.

Кромѣ того, въ дѣйствительности ни послѣ выправленія теченія, ни послѣ самаго сильнаго стѣсненія теченія не получается русло въ видѣ ровной и плавной полосы, изображаемой на проектныхъ планахъ, напротивъ песчанья косы зачастую выходятъ далеко внутрь трассы за очертанія параллельныхъ линій. На нашихъ моделяхъ подобныя, входящія въ выправляемое русло, косы видны на поперечныхъ профиляхъ №№ 7, 8, 9, 10, 11, 16, 17, 18, 19, 20 и 21 листовъ IV и V. Могутъ сказать, что эти косы представляютъ случайное, временное явленіе, и что по окончаніи выправленія, послѣ завершенія переформированія русла, песчанья отложенія исчезнутъ. Противъ этого я не буду спорить, такъ какъ дѣйствительно переформированіе разсматриваемой части русла далеко еще не закончилось, но чтобы подтвердить указаніе мое на то, что въ выправленномъ и прочно установившемся рѣчномъ руслѣ песчанья косы занимаютъ болѣе или менѣе значительныя части, выступающія въ предѣлы проектной трассы, прилагаю планъ р. Днѣпра у г. Кіева, гдѣ выправительными работами, произведенными въ десятилѣтіе 1883—1892 г.г. и считаемыми очень удачными, достигнуты были требовавшіяся переформированіе и закрѣпленіе русла. На этомъ планѣ (листъ III) видно, что противъ городскихъ пристаней вдоль лѣваго берега на протяженіи  $1\frac{1}{2}$  версты подъ вліяніемъ выстроенныхъ здѣсь длинныхъ полузапрудъ сложилась и сохраняется песчаная, надводная (считая отъ горизонта средне-низкой воды — 0,80 саж.) коса, которая выступаетъ на ширину до 85 саж. внутрь проектной трассы и закрываетъ собою до половины всей, такъ называвшейся, нормальной ширины русла.

Точно также и на вышележащей части рѣки въ пунктѣ, обозначенномъ на планѣ буквою А, при ширинѣ трассы 175 саж., русло при средне-низкомъ горизонтѣ воды занимаетъ только 80 саж., т. е. менѣе половины ширины трассы, а



остальная часть ее преграждена песчаною надводною косою. Тѣмъ не менѣе на сосѣднихъ частяхъ рѣки, близъ пунктовъ, обозначенныхъ на планѣ буквами Б и В, водная полоса занимаетъ всю ширину проектной трассы. Точно также и фарватеръ далеко не на всемъ протяженіи суженнаго русла располагается по направленію проектной трассы, а ложится большею частью иначе, то слишкомъ близко къ вогнутымъ берегамъ, то отходить совсѣмъ къ выпуклымъ, дѣлая массу непредвидѣнныхъ проектомъ извилинь, а на переходахъ изъ подъ одного берега къ другому фарватеръ ложится иногда почти нормально къ направленію русла. Въ послѣднихъ мѣстахъ даже и дальнѣйшее суженіе русла не гарантируетъ улучшения выправляемой части рѣки. Отчего суженіе русла далеко не всегда выправляетъ фарватеръ, и какія послѣдствія оно вызываетъ, можно видѣть на нашей модели (листы IV и V) 1903 года.

Близъ поперечной профили № 19 за трассою лѣваго берега проектнаго русла расположено поперечное фашинное сооруженіе, которое по виду на планѣ можетъ быть названо полузапрудой. но по дѣйствию на теченіе представляетъ собою запруду лѣвыхъ боковыхъ протоковъ. Какъ разъ противъ этого сооруженія въ руслѣ расположена длинная подводная коса, размывъ которой былъ желателенъ какъ для судоходства, такъ и для прекращенія подмыва праваго берега рѣки, о чемъ болѣе подробно было сказано въ первой части этого доклада. Посмотримъ, что произошло-бы, если-бы мы по принципу водостѣсненія стали выдвигать это сооруженіе въ русло съ цѣлью стѣсненія сего поделѣдняго. Ясно, что, пока выдвигаемая плотина проходила-бы по отмели и далѣе по мелкой части русла вдали отъ гребня косы, она никакого воздѣйствія на состояніе русла не имѣла-бы, такъ что въ результатъ постройки свыше ста саженой плотины мы не получили-бы совсѣмъ никакого углубленія судоходной части русла, но создали-бы затрудненіе безвредному для русла и сооружений пропуску весенней воды, и только дальнѣйшее удлиненіе сооруженія почти до подводнаго гребня косы оказало-бы нѣкоторое вліяніе на размывъ и углубленіе перемела.



Однакоже въ послѣднемъ случаѣ рѣшеніе вопроса о размывѣ подводной косы было-бы несообразнымъ, ибо при немъ все теченіе было-бы направлено въ незатопляемый берегъ и тѣмъ самымъ совершенно заперто, тогда какъ задачу нашу составляло углубленіе русла, расположеннаго параллельно правому высокому берегу. Приведенный примѣръ съ очевидностью подтверждаетъ невозможность углублять русло посредствомъ его стѣсненія (не вызывая, конечно, обмелѣнія ниже), и что для углубленія потока необходимы сооруженія, направляющія теченіе, какъ въ данномъ именно случаѣ—струеотбойныя, достигающія сразу двухъ цѣлей, предохраненія берега отъ подмыва и углубленія фарватера въ избранномъ по проекту направленіи.

Неправильно разсматривая движеніе воды параллельно-струйнымъ, направляющимся вдоль береговъ, приверженцы водостѣсненія дѣлаютъ еще ту ошибку, что стѣсняютъ не живое сѣченіе, а плоское поперечное сѣченіе рѣки, приблизительно нормальное къ очертанію ея береговъ. Живымъ или рабочимъ сѣченіемъ потока слѣдуетъ почитать такое сѣченіе, черезъ всѣ точки котораго частицы воды движутся по направленіямъ нормальнымъ къ нему въ этихъ точкахъ. Такое сѣченіе, идущее непрерывно отъ одного берега до другого, оказывается всегда разнообразно изогнутымъ, а на перемелахъ весьма вытянутымъ, почти параллельнымъ берегамъ. На нашихъ моделяхъ именно такъ и расположены живыя сѣченія, идущія по гребнямъ подводныхъ косъ. Общее направленіе живого сѣченія, идущаго по гребню той косы, о которой сейчасъ было сказано, не только не совпадаетъ съ поперечными сѣченіями русла, но почти къ нимъ нормально, а потому проекціи поперечныхъ сѣченій на живое сѣченіе обращаются въ нули. При такихъ обстоятельствахъ измѣненіе ширины поперечныхъ сѣченій русла отъ нуля до безконечности не оказываетъ вліянія на живое сѣченіе, т. е. ни расширеніе, ни суженіе поперечныхъ сѣченій, надъ которыми оперируютъ приверженцы водостѣсненія, не могутъ произвести никакихъ измѣненій въ глубинахъ на гребняхъ подводныхъ косъ.



Къ тому-же заключенію легко можно прійти, разсмотрѣвъ на модели расположеніе теченія въ данномъ мѣстѣ. Удлиненіе указанной полузапруды пошло-бы не поперекъ, а почти вдоль теченія, и потому никакъ не могло произвести сжатія потока, а достигло-бы только болѣе сильнаго и очень вреднаго поворота воды и направленія ея въ высокій берегъ. Мы могутъ сказать, что несовпаденія живыхъ и поперечныхъ сѣченій, подобныя изображеннымъ на нашихъ моделяхъ, вѣроятно рѣдки и возможны, можетъ быть, только на перемелахъ. На это я замѣчу, что вообще въ рѣчномъ руслѣ, даже въ выправленномъ и установившемся, живыя сѣченія далеко не совпадаютъ съ поперечными, и для убѣжденія въ этомъ попрошу разсмотрѣть тотъ-же планъ р. Днѣпра у г. Кіева (листъ III), на который я уже ранѣе ссылался. Сравнивая ширину русла и глубины на фарватерѣ непосредственно выше и ниже пункта Б, замѣчаемъ, что при одной и той-же ширинѣ русла, глубины его выше пункта Б до двухъ разъ больше, чѣмъ ниже этого пункта. Точно также и близъ пункта Г, при такой-же ширинѣ русла, глубина на фарватерѣ 2,5 саж., почти въ 2 раза превосходитъ глубину ниже пункта Б. Поэтому несомнѣннымъ представляется, что въ семъ послѣднемъ мѣстѣ живое сѣченіе далеко не совпадаетъ съ поперечнымъ сѣченіемъ русла. И дѣйствительно, расположеніе линій равныхъ глубинъ сильно отступающихъ отъ лѣваго берега, указываетъ на существованіе здѣсь подводнаго гребня косы, идущей отъ оконечности фашинной стрѣлки, которая отдѣляетъ гавань отъ русла, до пункта Д лѣваго берега, какъ показано поперечнымъ пунктиромъ на планѣ, при чемъ направленіе струй, переливающихся черезъ гребень косы, обозначено стрѣлками. Ширина русла, измѣренная по подводному гребню этой косы, приблизительно вдвое болѣе ширины русла по поперечному сѣченію, чѣмъ и объясняется причина уменьшенія здѣсь глубины также почти въ два раза. Подобныя явленія наблюдаются на каждомъ перевалѣ какъ въ естественномъ, такъ и въ выправленномъ его состояніи.

Насколько несогласны съ природою рѣчного потока и



движенія воды формулы, употребляемыя приверженцами водостѣсненія при такъ называемомъ ими выправленіи рѣкъ, о томъ такъ много уже говорилось у насъ и за границею, что я совсѣмъ не считаю нужнымъ дѣлать какія либо добавленія къ сказанному въ своихъ прежнихъ докладахъ.

Приверженцы водостѣсненія всегда были далеки отъ реального взгляда на движеніе воды, отъ желанія ближе познаться съ явленіями, въ ней происходящими. Они въ поискахъ за формулами оставались на отвлеченной почвѣ и при невѣрныхъ допущеніяхъ маскировали непримѣнимость формулъ условными коэффициентами.

Вслѣдствіе отвлеченности и невѣрности взгляда на движеніе воды лица, занимавшіяся выправленіемъ рѣкъ, не могли уяснить себѣ многихъ явленій, совершавшихся въ руслѣ и имѣвшихъ то или другое практическое вліяніе на выполненіе работъ.

Въ одномъ очень давнемъ доношеніи Министерству по поводу неоднократныхъ разрушеній Черторойскихъ сооружений было наивно и чистосердечно, между прочимъ, сказано, что причина ихъ, т. е. явленій, произведшихъ разрушенія, „скрыта на глубинѣ водной пучины“.

Мнѣ пришлось по окончаніи курса въ 1875 году совместно съ другими инженерами того-же выпуска начать изслѣдованія р. Припяти, а черезъ два года заняться проектами ея улучшенія и производствомъ работъ. Затѣмъ при выполненіи нѣкоторыхъ серьезныхъ работъ на Днѣпрѣ мнѣ приходилось много разъ производить изслѣдованіе теченія помощью поплавковъ. Разнообразная многолѣтняя практика на рѣкахъ и результаты наблюденій дали мнѣ многочисленный и интересный матеріалъ для изслѣдованій, результатомъ коихъ былъ трудъ мой, доложенный нашему Съѣзду гидротехниковъ въ 1893 году, а затѣмъ международному конгрессу по судоходству въ Гаагѣ въ 1894 году подъ названіемъ „О рѣчныхъ теченіяхъ и формированіи рѣчного русла“. Мною было указано и выводами изъ наблюденій подтверждено существованіе въ рѣчномъ потокѣ двоякаго рода характерныхъ теченій: сходящагося и расходящагося. Первое изъ нихъ, названное мною



сбойнымъ, стягиваетъ воду къ фарватеру и къ вогнутымъ берегамъ, а спускаясь ко дну, производитъ размывъ и углубленія въ видѣ продольныхъ вымоинъ. Второе, расходящееся теченіе, названное мною доннымъ, отражаясь отъ дна, растекается, разбрасываетъ въ разныя стороны наносы и надвигаетъ ихъ постепенно на гребень мели, увеличивая ея мелководіе.

Не буду повторять того, что было уже изложено въ указанномъ мною докладѣ, скажу только, что въ настоящее время, когда произведены многочисленныя и достаточно точныя измѣренія направлений рѣчныхъ струй, мнѣ кажется страннымъ, почему ранѣе этого никто не установилъ хотя-бы путемъ апріорныхъ заключеній закона непараллелеструйности движенія жидкости, между тѣмъ какъ очевидность универсальности въ природѣ этого закона не должна была встрѣтить какихъ либо возраженій.

Въ природѣ всякое движеніе тѣла встрѣчаетъ сопротивленія, при чемъ при движеніи твердаго тѣла сопротивленія движенію среды, напр. воздуха, одинаково передаются на всѣ точки твердаго тѣла, и частицы его, будучи неизмѣнно связаны, описываютъ параллельныя между собою или концентричныя траекторіи. При движеніи жидкаго тѣла подобные случаи совершенно невозможны, потому что внѣшнія сопротивленія движенію передаются неодинаково на всѣ точки тѣла, а, дѣйствуя непосредственно на поверхностныя точки, приводятъ ихъ въ перемѣщенія относительно прочихъ точекъ. Вслѣдствіе вязкости жидкостей перемѣщеніямъ отъ дѣйствія сопротивленій подвержены и внутреннія точки движущейся жидкости, но не въ полной мѣрѣ и по законамъ, намъ еще неизвѣстнымъ. Поэтому необходимо признать неоспоримымъ, что въ движущейся въ сопротивляющейся средѣ жидкости нѣтъ двухъ сосѣднихъ точекъ, кои имѣли-бы одинаковыя скорости и одинаковыя направленія. Сказанное и то, что далѣе будетъ говориться, относится одинаково какъ къ конечнымъ частямъ жидкости, такъ и къ безконечно малымъ частямъ, ибо законъ непараллелеструйности движенія жидкостей не имѣетъ исключеній.



Представимъ себѣ въ движущейся массѣ жидкости нѣсколько частицъ, движущихся рядомъ и въ одномъ направленіи. Если-бы скорость одной изъ частицъ, вслѣдствіе уменьшенія сопротивленія ея движенію, увеличилась-бы, то въ тотъ-же моментъ, вслѣдствіе гидростатическаго давленія, оставляемое ею мѣсто стремятся занять не только частицы, сзади за нею текуція, но всѣ окружающія ее частицы, а слѣдовательно и частицы, прилегающія къ ней съ боковъ, въ результатъ чего неминуемо должно всегда обнаруживаться уклоненіе траекторій жидкихъ частицъ въ сторону движенія частицъ болѣе быстро двигающихся, т. е. частицъ, встрѣчающихся на своемъ пути менѣе сопротивленій своему движенію. Такимъ образомъ чисто дедуктивнымъ путемъ мы вывели тотъ законъ сходимости теченій къ фарватеру, который я установилъ индуктивнымъ путемъ посредствомъ обобщеній результатовъ наблюденій и изслѣдованій.

Насколько уменьшеніе сопротивленій движенію жидкихъ частицъ, увеличивая ихъ скорость, увлекаетъ къ нимъ сосѣднія съ ними частицы, настолько-же мѣстное увеличеніе сопротивленій движенію нѣкоторыхъ частицъ отклоняетъ отъ нихъ сосѣднія частицы движущейся жидкости. Для того чтобы въ этомъ убѣдиться, представимъ себѣ, что скорость какой либо частицы уменьшилась; въ тотъ-же моментъ частицы, слѣдующія за ней, станутъ обгонять, обтекая ее, т. е. вокругъ нея расходятся, удаляясь одна отъ другой. Скорость движенія этихъ частицъ также получить нѣкоторое замедленіе, вслѣдствіе чего сзади текуція частицы также получаютъ нѣкоторое стремленіе обтекать ихъ и вокругъ ихъ расходятся и такъ далѣе. Стало быть мѣстное увеличеніе сопротивленій движенію даетъ начало расходящемуся теченію.

На основаніи изложеннаго можно установить слѣдующій общій законъ внутреннихъ или относительныхъ перемѣщеній въ движущейся жидкой массѣ:

*Въ движущейся массѣ жидкости проявляются внутреннія, относительныя перемѣщенія частицъ, во первыхъ, по направленіямъ, сходящимся къ мѣстамъ обнаруженія наибольшихъ скоро-*



стей теченія или наименьшихъ сопротивленій движенію жидкости, и, во вторыхъ, по направленіямъ, расходящимся отъ мѣстъ обнаруженія сопротивленій движенію жидкости, при чемъ въ обоихъ случаяхъ всѣ частицы всегда имѣютъ и разныя скорости, и разныя направленія движенія.

Для примѣненія этого закона къ изученію движенія рѣчного потока необходимо принять во вниманіе, что сопротивленія движенію воды раздѣляются на внутреннія, зависящія отъ сцѣпленія и вязкости водяныхъ частицъ, одинаковыя для всѣхъ ихъ во всей массѣ воды, и наружныя, зависящія отъ тренія и ударовъ о дно и воздухъ, при чемъ, гдѣ глубина больше, тамъ вліяніе сопротивленій отъ тренія и удары о дно меньше, а слѣдовательно скорости теченія больше. Туда, т. е. къ болѣе глубокому мѣсту, къ фарватеру по закону внутреннихъ перемѣщеній и должны обнаружиться сходящіяся, болѣе быстрыя теченія водяныхъ частицъ. Напротивъ надъ мелкими мѣстами, гдѣ теченіе воды встрѣчаетъ большія сопротивленія снизу, должно обнаружиться отбивающееся отъ дна, поднимающееся вверхъ и расходящееся теченіе. Такимъ образомъ путемъ чисто теоретическимъ мы пришли къ установленію закона расположенія внутреннихъ перемѣщеній частицъ воды въ рѣчномъ потокѣ, заключающагося въ существованіи сходящагося, названнаго нами сбойнымъ, теченія къ фарватеру и расходящагося теченія по направленію къ меламъ и береговымъ отмелямъ. На первый взглядъ можетъ показаться страннымъ, откуда берется вода, непрерывно направляющаяся къ фарватеру, но это недоразумѣніе разсѣется послѣ слѣдующихъ соображеній. Частицы твердаго тѣла, находящагося на земной поверхности, стремятся вслѣдствіе тяжести внизъ, а вслѣдствіе сцѣпленія,—одна къ другой. Частицы тѣла газообразнаго стремятся вслѣдствіе взаимнаго отталкиванія распространяться во всѣ стороны. Частицы жидкаго тѣла, вслѣдствіе силы тяжести, стремятся внизъ и, не обладая ни силою сцѣпленія, ни силою отталкиванія, распыляются во всѣ стороны. Теперь представимъ себѣ нѣкоторый объемъ жидкости въ рѣчномъ потокѣ. Согласно только что приведенному свойству жидкаго тѣла объемъ этотъ долженъ



стремиться распространиться во все стороны, но только по той части русла, надъ которою горизонтъ воды стоитъ ниже горизонта надъ разсматриваемымъ объемомъ воды. Иначе говоря, передвиженіе воды въ рѣчномъ потокѣ должно происходить внизъ по теченію отъ разсматриваемаго живого сѣченія и при томъ во все стороны, т. е. и къ фарватеру, и къ берегамъ, а потому къ фарватеру оно увлекаетъ и поплавки и поворачиваетъ въ эту сторону подводный флюгеръ. По изложеннымъ причинамъ и вдоль береговъ должно происходить поступательное движеніе воды, но съ значительно меньшею скоростью сравнительно съ тѣми, которыя обнаруживаются близъ фарватера. Для того чтобы нагляднѣе уяснить себѣ обгонное движеніе болѣе свободно двигающейся части воды, возможно изобразить его графически, подобно тому, какъ это мною было сдѣлано и описано въ докладѣ Съѣзду дѣятелей по водянымъ путямъ 1895 года подъ названіемъ „О работахъ на р. Днѣпрѣ у гор. Александровска“.

Обгонному движенію фарватернаго теченія обязано своимъ происхожденіемъ извѣстное судоходцамъ явленіе, заключающееся въ томъ, что сплавляемые суда обгоняютъ идущій по рѣкѣ паводокъ, вслѣдствіе чего ихъ избѣгаютъ пускать въ сплавъ въ началѣ паводка для того, чтобы, обогнавъ его, они не сѣли на мель или на камни.

До сихъ поръ мы опредѣляли тѣ явленія, которыя должны обнаруживаться въ жидкой массѣ рѣчного потока подъ вліяніемъ закона внутреннихъ перемѣщеній въ зависимости отъ вѣнскихъ сопротивленій движенію; теперь постараемся выяснить переформированіе рѣчного русла съ подвижнымъ размываемымъ дномъ, которое должно происходить вслѣдствіе внутреннихъ перемѣщеній въ движущейся жидкости.

Прежде всего необходимо выяснить себѣ силу, производящую размывъ дна, ея направленіе и обстоятельства, при которыхъ она дѣйствуетъ. Конечно, сила эта есть живая сила текущей воды; однакоже только весьма незначительная часть всей живой силы затрачивается на размывъ дна и на влеченіе наносовъ. Величина этой послѣдней части живой силы бываетъ весьма различна и зависитъ отъ обстоятельствъ,



при которыхъ движущаяся вода дѣйствуетъ на поверхность дна и предметы, на немъ лежащіе. Болѣе подробно вопросъ этотъ былъ разсмотрѣнъ мною въ вышеупомянутомъ докладѣ Съезду гидротехниковъ въ 1893 году подѣ названіемъ „О рѣчныхъ теченіяхъ и формированіи рѣчного русла“, здѣсь-же я позволю себѣ только въ краткихъ словахъ повторить теоретическія соображенія, могущія послужить къ выясненію воздѣйствія внутреннихъ перемѣщеній въ рѣчномъ потокѣ на форму его подвижного русла.

Алгебраическое выраженіе живой силы въ видѣ формулы  $m \times \frac{v^2}{2}$ , гдѣ  $v$  есть скорость, а  $m$  — масса нѣкоторой части текущей воды (или число отдѣльныхъ одинаковыхъ частицъ) указываетъ, что при схожденіи струй, которое обнаруживаетъ, какъ мы установили, на фарватерѣ, число водяныхъ частицъ, дѣйствующихъ на выступы и неровности рѣчного дна, должно увеличиваться вмѣстѣ съ увеличеніемъ угла сходимости, т. е. величина  $m$ , а слѣдовательно, и живая сила, и сила удара и размываемость дна увеличиваются при увеличеніи угла сходимости струй. Еще болѣе эта сходимость должна имѣть значенія для размыва дна потому, что она, сосредоточивая силу удара воды, увеличиваетъ ту часть живой силы, которая затрачивается на размывъ, затрудняя водѣ обходить ударяемые предметы. Чѣмъ болѣе затрудненъ для текущей воды обходъ лежащаго на пути ея предмета, тѣмъ болѣе потеря живой силы, тѣмъ сильнѣе ударъ и тѣмъ больше размывъ дна. При малой глубинѣ и при растекающемся теченіи вода легко можетъ перескакивать черезъ возвышенія на днѣ, а потому и сила удара и размывъ дна должны быть въ такихъ случаяхъ сравнительно малы, при чемъ влекомые наносы, неподдержанные сжатыми струями, должны легко осаждаться. Напротивъ на большой глубинѣ тяжелый слой воды не позволяетъ ей приподниматься и перескакивать черезъ препятствія движенію, поэтому струи, ударяющія въ неподвижный предметъ, должны потерять на ударъ сравнительно значительную часть живой силы, замедлить свое теченіе и произвести нѣкоторое замедленіе движенія и близлежащихъ ча-



стиць, а также и вызвать нѣкоторый подпоръ воды. Такое общее замедленіе движенія, происходящее отъ препятствій, лежащихъ на его пути, соотвѣтствуетъ силѣ удара или размывающей силѣ воды. Эта сила должна быть тѣмъ больше, чѣмъ уголъ сходимости струй больше, такъ на примѣръ, она должна быть больше при крутыхъ изгибахъ русла, а на меляхъ и въ прямыхъ частяхъ русла размывающая сила воды, напротивъ, должна быть сравнительно незначительна.

Вода, текущая согласно закону внутреннихъ перемѣщеній въ фарватерной полосѣ, получая непрерывно толчки отъ струй, приливающихъ отъ береговъ къ фарватеру, не имѣетъ возможности уклониться въ стороны, то есть, къ берегамъ, и потому должна, во-первыхъ, приподниматься нѣсколько кверху, а, во-вторыхъ, должна уклониться внизъ и размывать дно. Явленіе это, конечно, должно съ особенною рельефностью обнаруживаться у вогнутыхъ береговъ, представляющихъ собою предѣлъ распространенія фарватернаго теченія. Такимъ образомъ согласно закону внутреннихъ перемѣщеній въ движущейся жидкости мы можемъ предугадать слѣдующія явленія въ рѣчномъ потокѣ: 1) На фарватерномъ теченіи должно наблюдаться уклоненіе нижнихъ струй ко дну, подобно уклоненію вѣтра къ поверхности земли. 2) При ударѣ воды въ вогнутый берегъ должны происходить размывъ берега, общее обращеніе воды по подводнымъ откосамъ ко дну къ фарватеру и далѣе за него. 3) Въ томъ-же направленіи долженъ быть уносимъ и грунтъ, вымытый теченіемъ изъ вогнутого берега. 4) Затѣмъ грунтъ этотъ долженъ отлагаться на мѣстахъ расхожденія теченія по отлогостямъ песчаныхъ косъ за фарватеромъ у выпуклыхъ береговъ.

Какъ мы выше установили, вода, встрѣчая въ руслѣ мелкія мѣста, должна обходить ихъ, растекаясь въ разныя стороны по ширинѣ русла, замедляя свое теченіе и проявляясь въ видѣ массы импульсивно работающихъ донныхъ струй. Послѣ каждаго удара въ дно вода должна получить уклоненіе кверху, расходя на каждое поднятіе, на каждый прыжокъ кверху свою живую силу. Послѣ каждаго удара въ дно струи должны подбрасывать и перебрасывать песокъ, обра-



зую на днѣ поперекъ своего движенія извилистые валики, и срывать мѣстами съ нихъ гребни.

Результатомъ описаннаго воздѣйствія воднаго потока на размываемое рѣчное ложе должна обнаружиться слѣдующая конфигурація поверхности рѣчного русла. Вдоль расположенія фарватернаго теченія должны лечь продольныя, узкія, гладкія, языкообразныя вымоины, а на меляхъ—постепенно приподнимающіяся пологія возвышенія дна съ гребенчатою поверхностью, усѣянною валиками, направленными поперекъ теченія воды.

Итакъ глубокія части русла способны сохранять надъ собою фарватерное, сходящееся, сбойное теченіе воды, а сіе послѣднее, обращаясь ко дну, способно производить въ немъ углубленія.

Могутъ спросить, что-же представляетъ здѣсь причину и что—слѣдствіе, то есть, фарватерное-ли теченіе углубляетъ русло, или-же глубокія мѣста въ руслѣ привлекаютъ и удерживаютъ надъ собою фарватерное теченіе благодаря уменьшенію сопротивленій движенію въ этомъ направленіи? На это нужно отвѣтить, что каждое изъ явленій, т. е. и существованіе глубокихъ мѣстъ на пути движенія воды и появленіе въ ней сходящагося теченія составляютъ, каждое по отношенію къ другому, и причину, и слѣдствіе, и что подобное взаимодействіе или взаимная причинность явленій обуславливаетъ постоянство, равновѣсіе, порядокъ въ бытіи потока и его русла. Еслибы, напримѣръ, сбойное теченіе не размывало рѣчного дна, а засыпало его наносами, то оно-бы наполнило все углубленія въ руслѣ и такимъ образомъ само закрыло-бы себѣ дальнѣйшую дорогу; въ дѣйствительности-же, благодаря вышеуказанной взаимной причинности, обнаруживается совершенно противоположное: сбойное теченіе, направляясь по глубокимъ мѣстамъ, охраняетъ ихъ отъ замелѣній.

Изъ сказаннаго вовсе не слѣдуетъ заключать того, что каждое искусственно сдѣланное углубленіе въ каждомъ мѣстѣ рѣчного русла должно привлекать и удерживать надъ собою фарватерное теченіе. Нужно помнить, что ускоренныя перемѣщенія частицъ воды происходятъ въ сторону уменьшенія



сопротивленій движенію, и что углубленія, существующія или искусственно сдѣланныя въ руслѣ, могутъ уменьшать сопротивленія движенію воды только въ тѣхъ случаяхъ, когда эти мѣста расположены на пути этого движенія, если-же этого нѣтъ, необходимо искусственными мѣрами направить теченіе на глубокое или углубленное мѣсто. Иначе на той части русла, которая въ ширину или въ глубину выйдетъ за предѣлы сбойнаго теченія, обнаружится замедленіе теченія и застой воды. Сбойное теченіе, ударяя въ замедлившую свое теченіе воду, претерпѣваетъ отъ удара сопротивленіе своему движенію, вслѣдствіе чего, согласно закону внутреннихъ перемѣщеній, вода должна растекаться, терять свою живую силу и отлагать наносы, коими и заполняется все или излишняя часть искусственного углубленія русла, расположенная не-согласно съ закономъ взаимодействія между теченіемъ воды и формою рѣчного дна.

Такая-же взаимная причинность, которую мы установили между появленіемъ сбойнаго теченія и глубокими частями рѣчного русла, должна существовать на основаніи нижеизложенныхъ соображеній и между растекающимся, отражающимся отъ дна, мелевымъ, названнымъ нами, доннымъ теченіемъ и возвышенными частями рѣчного русла въ видѣ перемеловъ, подводныхъ косъ и просередковъ. Дѣйствительно, всѣ подобныя возвышенія дна оказываютъ сопротивленіе свободному движенію воды и потому, на основаніи закона внутреннихъ перемѣщеній въ движущейся жидкости, должны вызывать растекающіяся теченія или, иначе выражаясь, расхожденіе струй.

Съ другой стороны разсмотримъ, какія явленія въ расположеніи внутреннихъ перемѣщеній и какія измѣненія въ формѣ дна произведетъ раздѣленіе теченія или расхожденіе струй. Каждая твердая частица, увлекавшаяся по дну сбойнымъ теченіемъ, при преобразованіи его въ растекающееся, подвергается ударамъ меньшаго числа элементарныхъ струекъ, а потому живая сила  $m \times \frac{v^2}{2}$ , дѣйствующая на твердую частицу, уменьшается. Кромѣ того сила удара уменьшается еще



и потому, что струйки, увлекающія твердую частицу, не сжимаемыя притекающими сосѣдными струйками, получаютъ сравнительно легкую возможность свободно обходить твердую частицу, не затрачивая усилій на ея влеченіе. Въ результатѣ этихъ двухъ причинъ твердыя частицы грунта, несомыя сбойнымъ теченіемъ отъ вогнутыхъ береговъ къ фарватеру, должны отлагаться послѣ обращенія этого теченія по другую сторону фарватера въ расходящееся, направленное къ выпуклымъ берегамъ. При сходящемся сбойномъ теченіи должно происходить, какъ мы видѣли, приподнятіе горизонта воды и нѣкоторое замедленіе теченія, которое по закону внутреннихъ перемѣщений должно породить отклоненіе струй въ противоположную сторону, т. е. ко дну, и вызвать такимъ образомъ размывъ сего послѣдняго; при расходящемся-же теченіи слѣдуетъ ожидать явленій, совершенно противоположныхъ. И дѣйствительно, ослабленіе давленія, оказываемаго одними струями въ другія, должно повлечь пониженіе горизонта воды, связанное съ увеличеніемъ скорости теченія поверхностныхъ слоевъ воды, скорость-же теченія по дну должна нѣсколько замедлиться вслѣдствіе вышеуказаннаго удара воды въ отлагающіеся на дно наносы. По обѣимъ этимъ причинамъ должна сильно увеличиться разность въ скоростяхъ теченія близъ поверхности воды и у дна, результатомъ чего, согласно закону внутреннихъ перемущеній, должно обнаружиться движеніе воды отъ мѣстъ обнаруженія усиленныхъ сопротивленій, т. е. отъ дна къ мѣстамъ обнаруженія облегченнаго движенія, т. е. къ поверхности воды. Усиленное внутреннее перемѣщеніе частицъ воды отъ дна къ поверхности ея увлекаетъ съ собою и нѣкоторое количество подвижнаго грунта. Посредствомъ непрерывнаго перемѣщенія наносовъ и постепеннаго поднятія ихъ кверху растекающееся, мелевое или донное теченіе какъ-бы стремится само закрыть себѣ дорогу въ отличіе отъ сбойнаго теченія, охраняющаго глубокія части русла отъ замелѣнія. Пологость постепенно поднимающагося дна не можетъ быть ограничена крутымъ откосомъ, обращеннымъ противъ теченія, ибо откосъ этотъ, выдаваясь сразу высоко, представилъ-бы собою не только затрудненіе свободному движенію воды, но



отчасти преграду, и былъ-бы снесенъ ударомъ воды. По ширинѣ рѣки надвиганіе или натираніе грунта не можетъ идти равномерно, равно и движущая наносы сила воды въ разныхъ частяхъ русла далеко не одинакова; поэтому передвиженіе наносовъ на мели должно идти не равномерно и не сразу по всей ширинѣ русла, а мѣстами, импульсивно. Достигая поверхностныхъ слоевъ воды, поднявшіяся струи расплываются, растекаются или, такъ сказать, разрѣжаются, при чемъ твердые частицы осѣдаютъ на дно и ложатся въ видѣ узкихъ поперечныхъ валиковъ, соотвѣтствующихъ по длинѣ своей той части русла, съ которой были сорваны теченіемъ. Рядомъ съ ними выше и ниже по теченію осѣдаютъ другіе валики. Гребешки то одного, то другого валика, нарастая, увеличиваютъ преграду движенію воды и наконецъ начинаютъ сноситься и перебрасываться ниже по теченію. При такихъ обстоятельствахъ окончность мели должна быть самымъ мелкимъ ея мѣстомъ и передвигаться непрерывно внизъ, закрывая собою бывшія до того глубокія части русла. Крутизна нижняго откоса мели должна соотвѣтствовать естественному откосу мокраго рѣчного грунта.

Изъ изложеннаго видно, во первыхъ, что рѣчное теченіе на меляхъ должно вести непрерывную и бесплодную борьбу съ наносами, затрачивая свою силу на подбрасываніе ихъ толчками до поверхности воды, дѣлая при этомъ ея поверхность бурю и какъ-бы кипящею, и, во вторыхъ, что существованіе мелей на рѣкахъ не есть явленіе случайное, скоропроходящее, но постоянное, связанное съ постоянствомъ расположенія теченія.

Выведенная нами на основаніи закона внутреннихъ перемѣщень тѣсная взаимная зависимость между формою рѣчного русла и расположеніемъ течень или рѣчныхъ струй указываетъ намъ, во-первыхъ, на необходимость для осуществленія и сохраненія глубокихъ частей въ руслѣ достигнуть сходящагося надъ ними расположенія рѣчныхъ струй, во-вторыхъ, на возможность для углубленія мелей дѣйствовать, какъ на расположеніе теченія на нихъ посредствомъ струенаправляющихъ сооружений, такъ и непосредственно на рѣчное дно



посредствомъ механическаго углубленія мелей, дѣлая однако прорѣзы, удовлетворяющія на всемъ своемъ протяженіи по своему расположенію и по своимъ поперечнымъ размѣрамъ условіямъ сохраненія сбойнаго теченія на протяженіи всего переката.

Изложенная картина воздѣйствія рѣчного потока на русло, выведенная теоретическимъ путемъ, вполне подтверждается наблюденіями надъ подобными явленіями въ натурѣ. Такъ напримѣръ, при самомъ сильномъ размывѣ песчаныхъ вогнутыхъ береговъ мы видимъ совершенно чистую воду, текущую вдоль берега; тогда какъ на меляхъ, гдѣ размыва дна очень часто совсѣмъ не происходитъ, мы всегда видимъ бурную, какъ-бы кипящую воду, и въ ней клубами, то въ тѣхъ, то въ другихъ мѣстахъ, поднимающіяся и быстро расплывающіяся желто-бурья массы песку. Явленія эти убѣждаютъ въ вѣрности нашихъ заключеній относительно уклоненія фарватерной воды или сбойнаго теченія ко дну и поднятія растекающагося доннаго теченія на меляхъ къ поверхности воды. Многія изъ подобныхъ явленій, которыя наблюдаются повседневно, приведены мною въ вышеуказанномъ докладѣ, а потому повторять ихъ не буду, а доложу лишь въ общихъ чертахъ результаты точныхъ измѣреній рѣчныхъ струй посредствомъ специально для этого приспособленнаго инструмента, представляющаго собою соединеніе подводнаго флюгера съ вертушкою для измѣренія скоростей. Исторія сооруженія этого прибора, названнаго мною, измѣрителемъ рѣчныхъ струй, была такова. Въ томъ-же, упомянутомъ мною докладѣ, я представилъ на разсмотрѣніе Съѣзда 1893 года два проекта устройства подводнаго флюгера для измѣренія угловъ, образуемыхъ струями воды съ плоскостями вертикальною и горизонтальными. Съѣздъ, давши предпочтеніе одному изъ нихъ, постановилъ ходатайствовать передъ Министерствомъ Путей Сообщенія о предоставленіи мнѣ средствъ на изготовленіе прибора и на производство наблюденій. Это было исполнено, и въ томъ-же 1893 году произведены измѣренія (числомъ болѣе 1700) направленій теченія или, выражаясь условно, рѣчныхъ струй въ 371 пунктахъ. Результаты наблюденій были



доложены слѣдующему Съѣзду въ 1894 году вмѣстѣ съ проектомъ присоединенія къ подводному флюгеру вертушки съ механическимъ замыкателемъ, приспособленнымъ специально для подводнаго флюгера съ цѣлью сохраненія полной свободы его движенія въ текущей водѣ. Съѣздъ одобрилъ проектъ и возбудилъ новое ходатайство о приведеніи проекта въ исполненіе и о продолженіи наблюдений. Въ томъ-же 1894 году это было исполнено, и произведены лѣтомъ многочисленныя измѣренія на р. Деснѣ, а въ слѣдующемъ 1895 году я имѣлъ удовольствіе демонстрировать на Съѣздѣ изготовленный и испробованный на дѣлѣ приборъ и представить результаты измѣреній, изображенные на планѣ и профиляхъ. Послѣ того приборъ почти безъ измѣненія употребляется до настоящаго времени. Замѣчу, между прочимъ, что этотъ приборъ выставленъ на Нижегородской всероссійской выставкѣ 1896 года и заслужилъ дипломъ 1-го разряда.

Предыдущій докладчикъ, инженеръ Акуловъ, упомянулъ, что длина стержня моего подводнаго флюгера возбудила не-удовольствіе одного изъ нашихъ товарищей по Съѣздамъ, инженера Чарномскаго, который находилъ необходимымъ дѣлать стержень возможно короче для измѣренія, будто-бы, болѣе тонкихъ струекъ. Несомнѣнно, у него не было вполнѣ опредѣленнаго представленія ни о струѣ, ни о струйкѣ, ни тѣмъ болѣе о разницѣ между ними. Въ дѣйствительности мы имѣемъ дѣло съ движеніемъ или теченіемъ массы воды, при чемъ измѣряемъ не отдѣльныя струи или струйки, которыхъ не только выдѣлить не можемъ, но и представить себѣ ихъ выдѣленными какъ нѣчто реальное мы не въ состояніи. Мы измѣряемъ лишь только одни направленія теченія воды, а потому и инструменты наши должны быть приспособлены къ возможно точному измѣренію этихъ направленій, потому-же и употребляемое нами иногда выраженіе „рѣчная струя“ нужно понимать условно, не какъ нѣчто реальное, но какъ выраженіе, удобное по своей краткости. Согласно сказанному при проектированіи прибора—подводнаго флюгера, стержню его не предназначалась какая-либо опредѣленная, неизмѣнная длина, и въ первомъ-же году (1893) работъ съ этимъ приборомъ у



г. Екатеринослава длина стержня была увеличена почти въ два раза противъ первоначально данной и сдѣлана въ 53 дюйма.

Подробности по этому предмету интересующіяся лица могутъ найти въ докладѣ моемъ Съѣзду 1894 года (стр. 150—153). Удлиненіе стержня флюгера, достигшее своей цѣли, было сдѣлано для уменьшенія числа и размаха (т. е. угла) колебаній, а сіи послѣднія обязаны удару воды въ приборъ и отклоненіямъ отъ него. Чѣмъ короче перо вертушки и чѣмъ меньше разница въ величинѣ передней и задней, по отношенію къ оси вращенія, ея частей, тѣмъ вращеніе ея отъ случайныхъ, боковыхъ ударовъ легче. Двухлопастный флюгеръ устанавливается по теченію воды и удерживаетъ весь приборъ въ этомъ положеніи, дѣйствуя стержнемъ какъ рычагомъ противъ боковыхъ качаній, при чемъ понятно, что чѣмъ длиннѣе этотъ рычагъ, т. е. стержень флюгера, тѣмъ вліяніе боковыхъ случайныхъ уклоненій флюгера меньше, и при нѣкоторой длинѣ стержня, въ зависимости отъ точности инструмента, такихъ качаній совсѣмъ не обнаружится. Однакоже удлиненію флюгера препятствуетъ невозможность измѣрять направленіе теченія близъ дна, такъ какъ въ мѣстахъ сбойнаго теченія, оно уклоняется внизъ ко дну, при чемъ флюгеръ, наклоняясь, можетъ зацѣпляться перомъ объ дно. Лишь только непрозрачностью воды можно объяснить себѣ то, что употребляемые до сихъ поръ вертушки имѣютъ короткіе хвосты, приставленные непосредственно къ вращающейся трубкѣ, надѣтой на неподвижную вертикальную ось. Колебанія обыкновеннаго устройства вертушки на быстромъ теченіи, въ особенности-же надъ скалистымъ съ выступами дномъ, должны быть особенно быстры и могутъ достигать  $360^{\circ}$ , т. е. полныхъ оборотовъ вокругъ вертикальной оси, при чемъ при измѣреніяхъ скоростей теченія подобными инструментами нельзя ожидать не только какой-либо точности, но даже и приблизительной вѣрности.

Въ настоящее время, когда довольно точнымъ приборомъ произведено уже много тысячъ измѣреній теченія воды, или, выражаясь условно, рѣчныхъ струй, имѣется достаточно дан-



ныхъ для установленія постоянства слѣдующихъ явленій въ рѣчномъ потокѣ и въ воздѣйствіи его на русло рѣки.

## **I. Непараллелеструйность теченія, или точнѣе непараллельность внутреннихъ перемѣщеній въ рѣчномъ потокѣ.**

Нигдѣ, ни въ одномъ случаѣ, ни на одной вертикали, ни на двухъ сосѣднихъ вертикаляхъ, ни въ двухъ сосѣднихъ точкахъ не обнаружено ни равныхъ скоростей теченія, ни параллельности направленія теченія. Стало быть, какъ теоретически установлено, такъ и путемъ непосредственныхъ измѣреній подтверждено, что теченіе воды не только не параллелеструйно, но даже и не близко къ представленію о подобномъ движеніи и при томъ какъ въ горизонтальномъ, такъ и въ вертикальномъ направленіяхъ.

## **II. Постоянство направленія теченій или расположенія внутреннихъ перемѣщеній въ рѣчномъ потокѣ.**

Пользуясь установившимся горизонтомъ воды, при измѣреніяхъ, производившихся подводнымъ флюгеромъ подъ г. Екатинославомъ, были въ теченіи 9-ти дней исполнены повторныя измѣренія на одной профили четыре раза. Результаты измѣреній, нанесенные на чертежахъ, приложенныхъ къ моему докладу 1894 года, показали почти тождественныя направленія теченій. Затѣмъ подобныя-же повторныя измѣренія производились на р. Деснѣ при горизонтахъ, измѣнявшихся довольно медленно, и показали измѣненія въ величинѣ и направленіи скоростей теченія, весьма мало разнящіяся между собою. Такія повторныя измѣренія съ одной стороны и взаимная зависимость, существующая между расположеніемъ теченія и формою дна, указываютъ на существованіе постоянства при одномъ и томъ-же горизонтѣ въ расположеніи струй или внутреннихъ перемѣщеній воднаго потока, а слѣдовательно на существованіе закономерности въ явленіяхъ, при этомъ обнаруживающихся.



На основаніи изложенныхъ результатовъ измѣреній нельзя не признать вышеуказанныя колебанія флюгера зависящими исключительно отъ возмущеній въ движеніи воды, производимыми при ударѣ ея въ переднюю часть инструмента и достигающими при недостаточно длинномъ стержнѣ до пера измѣрителя, но не какъ не присущими вообще внутреннимъ перемѣщеніямъ въ движущейся жидкости, за нѣкоторыми исключеніями, обнаруженными измѣреніями въ районѣ расположенія водоворотовъ. При томъ-же, если-бы подобныя колебанія были дѣйствительно присущими движущейся жидкости, то они не зависѣли-бы отъ длины стержня, тогда какъ размѣръ колебаній и число ихъ приблизительно обратно пропорціональны длинѣ хвоста прибора. Нужно замѣтить, что въ области распространенія водоворотовъ наблюдаются колебанія прибора, зависящія отъ дѣйствительныхъ движеній жидкости. На нашей модели стрѣлки, показывающія величину и направленіе скоростей, соотвѣтствующихъ крайнимъ предѣльнымъ уклоненіямъ прибора, соединены въ оконечностяхъ своихъ проволочными дугами, какъ это видно на профиляхъ №№ 1, 3, 5, 17, 18 и 21. (На фотографіяхъ листовъ IV и V эти дуги вышли довольно слабо).

### III. Отличительныя свойства сходящихся и расходящихся теченій или внутреннихъ перемѣщеній въ рѣчномъ потокѣ.

Направленія теченій, измѣренныя приборомъ и нанесенныя на планахъ и профиляхъ, а равно и изображенныя на представляемыхъ моделяхъ, расположены не случайно, не въ безпорядкѣ, а группируются въ болѣе или менѣе значительныя по ширинѣ русла сходящіяся и расходящіяся направленія. Иногда по всему руслу обнаруживаются расходящіяся теченія, какъ напримѣръ на трехъ первыхъ поперечныхъ профиляхъ №№ 1, 2 и 3 большой модели, равно какъ бывають также случаи обнаруженія сбойнаго, сходящагося расположенія теченій на цѣломъ сѣченіи русла, какъ напр. видно на трехъ послѣднихъ профиляхъ №№ 19, 20 и 21 той-



же модели. Очень часто можно наблюдать схождение течений въ двухъ и трехъ частяхъ русла и расхождение въ промежуткахъ между ними, что можно ясно видѣть на профиляхъ №№ отъ 6-го до 14-го на чертежахъ, приложенныхъ къ докладу моему Съѣзду 1894 года. „Наблюденія надъ расположеніемъ рѣчныхъ струй на р. Днѣпрѣ у г. Екатеринослава въ 1893 году“.

Углы сходимости и расходимости струй (выраженіе это употребляется нами для краткости) въ горизонтальной плоскости весьма различны. На вышеуказанныхъ профиляхъ 1, 2 и 3 большой модели (листъ V'), гдѣ наблюдалось общее расхождение струй, они попорядку составляютъ  $47^{\circ}$ ,  $56^{\circ}$  и  $47^{\circ}$ , а на профиляхъ 19, 20 и 21 (листъ IV'), гдѣ наблюдалось сплошное схождение струй, углы общаго схождения составляютъ  $29^{\circ}$ ,  $58^{\circ}$  и  $27^{\circ}$ . По измѣреніямъ, производившимся близъ г. Екатеринослава, углы сходимости струй достигали до  $89^{\circ}$ , а расходимости до  $108^{\circ}$ . Эти углы могутъ быть еще и больше въ мѣстахъ раздѣленія и соединенія рукавовъ. Что касается расположенія теченій въ планѣ, лежащихъ одно подъ другимъ на одной вертикали, то они бывають нерѣдко довольно близки между собою въ предѣлахъ точности инструмента, на которомъ читаются только цѣлые градусы, тѣмъ не менѣе на многихъ вертикаляхъ замѣчаются и довольно крупныя расхожденія, достигающія до  $75^{\circ}$  и даже болѣе. Такія явленія замѣчаются главнымъ образомъ непосредственно ниже подводныхъ гребней косъ, гдѣ нижнія теченія направляются по глубокому мѣсту вдоль гребня косы, а верхнія теченія, притекшія черезъ косу, сохраняють приблизительно нормальное къ гребню косы направленіе, и такимъ образомъ верхнія струи текутъ почти нормально по отношенію къ нижнимъ струямъ. Подобное расположеніе струй на одной вертикали можно видѣть на нашихъ моделяхъ, причемъ къ сожалѣнію на фотографіяхъ моделей не всѣ стрѣлки, обозначающія направленіе и величину скоростей теченія, вышли достаточно ясно. На планахъ, относящихся къ Екатеринославскимъ измѣреніямъ, расположеніе струй на каждой вертикали изображено точно и наглядно благодаря тому обстоятельству, что тамъ



не показывалась величина скорости, при чемъ длиною стрѣлокъ обозначена была не величина скорости, а глубина, на которой измѣрялось направленіе теченія.

Вообще, т. е. за исключеніемъ рѣдкихъ случаевъ, отклоненіе нижнихъ теченій отъ верхнихъ не выходитъ за предѣлы  $10^0$ , при чемъ наблюдается общій законъ, заключающійся въ томъ, что верхнія струи слѣдуютъ болѣе общему направленію теченія, а нижнія—изгибаютъ рѣчного дна, такъ наримѣръ, при слѣдованіи сбойнаго теченія надъ глубокою фарватерною полосою, уголъ сходимости клинообразнаго теченія въ нижнихъ слояхъ больше, чѣмъ въ верхнихъ. Такія явленія можно объяснить тѣмъ, что нижнія струи, отражаясь отъ крутыхъ откосовъ глубокой части дна, обращаются круче къ фарватеру, чѣмъ верхнія струи, текуція вдали отъ береговъ. Описанныя явленія можно видѣть и на нашихъ моделяхъ и на чертежахъ, относящихся къ Екатеринославскимъ измѣреніямъ. Точно также изслѣдованіе результатовъ произведенныхъ измѣреній указываетъ, что при встрѣчѣ отложеній въ руслѣ нижнія струи, ударяющіяся въ нихъ непосредственно, начинаютъ отражаться отъ нихъ ранѣе и сильнѣе верхнихъ струй. Такимъ образомъ нижніе и боковые слои воды текутъ по болѣе кривымъ, уклоняющимся въ разныя стороны, направленіямъ подъ вліяніемъ выступовъ и углубленій береговъ рѣчного дна и при каждомъ отраженіи отъ нихъ выдѣляютъ струи въ противоположную сторону, т. е. въ сторону фарватернаго теченія. Чѣмъ дальше отъ береговъ и дна, тѣмъ теченіе идетъ плавнѣе и быстрѣе. Изложенные результаты непосредственныхъ измѣреній вполне подтверждаютъ нашу теорію теченія рѣчного потока и вообще движенія жидкости.

Что касается уклоненій теченій или внутреннихъ перемѣщеній въ текущей жидкости отъ плоскости горизонтальной, или сокращенно и условно выражаясь,—уклоненій рѣчныхъ струй въ плоскости вертикальной, то таковыя уклоненія, конечно, значительно меньше, чѣмъ расхожденіе и схождение струй въ планѣ. Тѣмъ не менѣе приходилось наблюдать



поднятія струй отъ горизонтальной плоскости на величину угловъ до  $18^{\circ}$  вверхъ и до  $26^{\circ}$  внизъ.

Вообще уклоненія отъ горизонтальной плоскости ограничиваются величинами угловъ до 5 градусовъ, при чемъ обнаруживаются слѣдующія общія явленія. Нижнія теченія или донные слои текутъ приблизительно параллельно дну, уклоняясь ко дну въ предѣлахъ фарватернаго теченія и поднимаясь вверхъ въ предѣлахъ мелевого теченія, т. е. совершенно такъ, какъ это должно быть согласно вышеизложенной теоріи расположенія внутреннихъ перемѣщеній въ движущейся жидкости.

Около поверхности воды очень часто наблюдается приподнятіе струй, при чемъ по аналогіи съ уклоненіемъ вѣтра сверху внизъ можно полагать, что и уклоненіе поверхностныхъ теченій къ поверхности воды зависитъ отъ сопротивленій, оказываемыхъ воздухомъ и волненіемъ. Слои воды, лежащіе ниже поверхностныхъ примѣрно до двухъ третей всей глубины, считая сверху, текутъ приблизительно горизонтально, но при ударѣ въ берега и сливаясь съ подводныхъ косъ въ такъ называемое судоходцами подвалье, они довольно круто опускаются внизъ, а, подходя къ пологимъ отлогостямъ мелей, иногда приподнимаются. Подобное явленіе можно наблюдать на нашихъ моделяхъ и съ особенною рельефностью на профиляхъ №№ 8, 9 и 10 чертежей, приложенныхъ къ указанному докладу моему 1894 года. Нужно замѣтить, что углы, изображенные на моделяхъ отклоненіемъ стрѣлокъ отъ горизонтальной плоскости, требуютъ внимательнаго разсмотрѣнія для уясненія себѣ отклоненій, изображаемыхъ стрѣлками теченій, при чемъ приходится перемѣщать глазъ сбоку въ разныя стороны, между тѣмъ какъ на чертежѣ эти углы наблюдаются гораздо яснѣе, хотя въ послѣднемъ случаѣ нельзя столь ясно уяснить себѣ полную картину движенія воды, какъ это можно сдѣлать съ помощью модели. Къ сожалѣнію, фотография, изображающая модель приблизительно въ планѣ, не даетъ возможности достаточно уяснить себѣ перемѣщеніе теченій въ вертикальномъ направленіи.



Въ тѣхъ-же вертикаляхъ ниже гребней мелей, на коихъ, какъ было сказано, наблюдаются наибольшія расхожденія струй въ горизонтальныхъ направленихъ, наблюдаются и большія уклоненія верхнихъ струй внизъ, при чемъ получается такая картина расположенія теченій: вода, перелившаяся черезъ гребень косы, устремляется внизъ, спускаясь постепенно подъ углами до  $24^{\circ}$  и какъ-бы перепрыгивая черезъ нижніе слои воды, идущіе ниже гребня косы подъ углами до  $75^{\circ}$  къ направлеңію теченія верхнихъ слоевъ, сливающихся съ косы. Рѣчное судно, слѣдуя внизъ по теченію по мели, получаетъ своими бортами и отчасти днищемъ непрерывные толчки снизу вверхъ отъ слоевъ воды, отражающихся отъ дна мели вверхъ, и такъ продолжается до гребня косы, непосредственно за переходомъ котораго судно, вступая на глубокое мѣсто, нѣсколько погружается въ воду, во-первыхъ, вслѣдствіе прекращенія толчковъ снизу вверхъ и, во-вторыхъ, вслѣдствіе образованія быстрыхъ внутреннихъ перемѣщеній воды сверху внизъ, ударяющихъ въ борта судна. Такое погруженіе судна вслѣдъ за переходомъ гребня косы ощущается во время мелководія при достаточно быстромъ ходѣ парохода, который какъ будто осѣдаетъ по проходѣ свалы; оно наблюдается и со стороны по положенію ватерлиній.

Какъ было уже сказано, изслѣдованія направленія теченій въ вертикальной плоскости показали уклоненія струй ко дну на фарватерномъ теченіи и обратно отъ дна вверхъ — на мелевомъ или донномъ теченіи. Весьма наглядно это видно на профиляхъ №№ 13 и 14 чертежей, приложенныхъ къ докладу моему 1894 года. На первой изъ этихъ профилей мы видимъ на вертикаляхъ 7, 8, 9, 10 и 11 восходящее теченіе, направляющееся черезъ просередокъ *a* изъ праваго въ лѣвый рукавъ. Это мелевое теченіе отлагаетъ наносы въ видѣ продольной косы съ гребнемъ *a*, съ пологимъ откосомъ противъ теченія и крутымъ въ сторону теченія. При пониженіи горизонта обнаружится песчаный валъ *a* идущій вдоль берега подобно такимъ-же валамъ, которые мы видимъ расположенными во многихъ мѣстахъ приглубыхъ береговъ нашихъ луговыхъ рѣкъ. Нижележащая профиль пересѣкаетъ островъ,



представляющій продолженіе того-же просередка, который наблюдается на вышележащей профили. Приливающая къ острову вода ударяетъ въ берегъ и спускается круто внизъ. Такое уклоненіе обнаружено во всѣхъ слояхъ воды, при чемъ углы, образованные струями съ горизонтальной плоскостью въ четырехъ точкахъ одной и той-же вертикали, оказались:  $21^{\circ}$ ,  $18^{\circ}$ ,  $21^{\circ}$  и  $25^{\circ}$  въ послѣдовательномъ порядкѣ сверху внизъ при глубинѣ рѣки въ этомъ мѣстѣ 1,04 с. Подобныя-же, постепенно уменьшающіяся къ серединѣ русла, уклоненія струй ко дну наблюдаются на этой профили еще на четырехъ вертикаляхъ, захватывая около одной трети ширины праваго рукава. Такимъ образомъ на двухъ сосѣднихъ профиляхъ рѣки мы здѣсь имѣли возможность измѣрить вертикальные углы двухъ характерныхъ теченій, сбойнаго или фарватернаго и растекающагося или мелевого.

**IV. Въ тѣхъ мѣстахъ рѣчного потока и непосредственно ниже, считая по теченію, тѣхъ мѣстъ рѣчного потока, гдѣ оказываются сходящіяся теченія, обозначенныя на планахъ и моделяхъ стрѣлками, образующими между собою болѣе или менѣе острые, сходящіеся углы,—обна-  
руживаются углубленія въ сыщучемъ руслѣ потока, т. е. увеличенія глубинъ по сравненію съ вышележащею и бо-  
ковыми, сосѣдними частями русла. Обратныя явленія, уменьшеніе глубинъ, обмелѣнія въ руслѣ наблюдаются всегда на мѣстахъ раздѣленія струй и ниже этихъ мѣстъ,  
считая по теченію.**

Такія явленія наблюдаются какъ на отдѣльныхъ, неболь-  
шихъ частяхъ рѣчного потока, такъ иногда и во всю ширину русла, какъ это рельефно видно на профиляхъ №№ 1, 2 изъ большой модели (листъ V), гдѣ расхожденіе струй по всему руслу сопровождается и обмелѣніемъ его во всю ширину, тогда какъ схождение струй, наблюдаемое на профиляхъ №№ 18, 19, 20 и 21 той-же модели сопровождается углубленіемъ русла во всю его ширину, при чемъ наибольшія глубины



слѣдуютъ за мѣстами наибольшаго сбоя, т. е. за наибольшими углами схождения струй. Отсутствие исключеній, т. е. полная общность въ сочетаніяхъ описанныхъ явленій, указывая на тѣсную, неразрывную зависимость, существующую въ природѣ между расположеніемъ теченій въ рѣчномъ потокѣ и формою его подвижнаго дна, даетъ намъ основаніе для двухъ заключеній чрезвычайной важности, а именно: Первое: на основаніи результатовъ непосредственныхъ наблюденій и точныхъ измѣреній необходимо признать вѣрность изложенной здѣсь теоріи внутреннихъ перемѣщеній въ движущейся жидкости вообще и въ частности въ рѣчномъ потокѣ. Второе: указанная установленная, постоянная зависимость должна послужить руководящимъ началомъ для раціональнаго углубленія нашихъ большихъ рѣкъ.

Для углубленія какаго либо мѣста на рѣкѣ необходимо осуществить на немъ и выше его сходящееся, сбойное теченіе воды. Это есть вѣрный способъ углубленія, а то, какимъ образомъ его выполнить, долженъ и можетъ рѣшать каждый инженеръ, знакомый съ практикою выправленія рѣкъ. Тѣмъ не менѣе въ виду новизны дѣла и неустановленности метода, считаю необходимымъ сдѣлать нѣкоторыя по моему мнѣнію полезныя, можетъ быть и необходимыя, разъясненія и указанія.

Въ теоретической части нашего изслѣдованія было указано на взаимную причинность, на взаимное воздѣйствіе теченія потока на форму его русла и формы русла на расположеніе теченій; между тѣмъ наши планы и модели обнаруживаютъ только то, что уменьшенія и увеличенія глубинъ постоянно лежатъ на мѣстахъ возникновенія расхожденія и сходимости струй и непосредственно ниже этихъ мѣстъ, т. е. указываютъ на неразлучность подобныхъ явленій, но не даютъ прямыхъ указаній на то, какое явленіе слѣдуетъ почитать причиною другого и какое—слѣдствіемъ. На первый взглядъ изъ того, что измѣненія въ глубинахъ слѣдуютъ за измѣненіями въ расположеніи теченій, а также изъ того, что живая сила принадлежитъ водѣ, можно пожалуй подумать, что форма русла рѣчного потока, завися отъ расположенія въ



немъ теченій, сама не вліяеть на ихъ расположеніе, не измѣняетъ его. Такое предположеніе было-бы вѣрнымъ только при тѣхъ условіяхъ если-бы расходъ воды и горизонтъ ея были постоянны, а дно и берега были совершенно сыпучи, а не состояли изъ грунтовъ большей или меньшей крѣпости, болѣе или менѣе цементированныхъ, и кромѣ того, если-бы дно рѣки не пересѣкалось каменными грядами. Вслѣдствіе измѣненій въ горизонтѣ воды, въ особенности быстрыхъ, рѣчной потокъ измѣняется иногда до неузнаваемости, при чемъ ему приходится протекать по руслу далеко ему несвойственному, иногда очень широкому и мало изогнутому, иногда совсѣмъ обратно. При такихъ обстоятельствахъ потокъ движется не по руслу, имъ для себя выработанному, а по руслу какой-то другой рѣки, форма котораго вліяеть на расположеніе рѣчныхъ теченій, направляя ихъ совершенно иначе, чѣмъ было въ томъ-же потокѣ при другихъ горизонтахъ воды. Изъ сказаннаго можно усмотрѣть, что рѣчное русло даже въ рыхломъ и однообразномъ грунтѣ, выработанное потокомъ извѣстной силы, при другомъ горизонтѣ воды, не соотвѣтствуя условіямъ движенія потока другой силы, воздѣйствуетъ само на расположеніе теченій въ этомъ новомъ потокѣ, подвергаясь въ свою очередь переформированіямъ отъ воздѣйствія на него этого новаго потока. Эти взаимныя воздѣйствія совершаются не моментально, но никогда не прекращаются.

Подобныя явленія, хорошо знакомыя всѣмъ лицамъ, болѣе или менѣе близко стоявшимъ къ рѣчному дѣлу, во-первыхъ, подтверждаютъ изложенную теорію взаимодѣйствія или взаимной причинности формы рѣчного русла и расположенія въ немъ рѣчныхъ теченій, и во-вторыхъ, указываютъ на возможность въ практическихъ цѣляхъ для углубленія рѣкъ дѣйствовать какъ на расположеніе теченій путемъ созданія сходимости струй, такъ и на устраненіе причинъ, прекращающихъ сходимость струй, на устраненіе сопротивленій, создающихъ расходимость струй, путемъ устраненія возвышеній или обмелѣній въ ложѣ рѣкъ, т. е. доказываютъ возможность раціональнаго примѣненія для сказанной цѣли—углубленія рѣкъ, какъ выправленія теченія, такъ и земле-



3  
3  
3  
3/а  
и кажемъ

черпанія. Землечерпаніе въ данномъ случаѣ, согласно закону внутреннихъ перемѣщеній въ движущейся жидкости, должно имѣть цѣлью уничтожить или по крайней мѣрѣ значительно ослабить сопротивленія свободному движенію воды, а потому въ началѣ прорѣзи ширина и глубина ей должны быть не менѣе, чѣмъ таковыя-же въ руслѣ въ предѣлахъ фарватернаго, нерастекающагося теченія, и дальнѣйшее суженіе размѣровъ прорѣзи, могущее быть опредѣленнымъ только практикою подобныхъ работъ, должно идти во всякомъ случаѣ плавно и медленно. Для сохраненія сбойнаго теченія въ прорѣзи необходимо придать ей достаточно вогнутое очертаніе безъ перегибовъ, при чемъ вогнутый берегъ надлежитъ укрѣпить противъ излишняго размыва. Выпускъ воды изъ прорѣзи слѣдуетъ сдѣлать въ такую часть русла, гдѣ уже существуетъ сбойное теченіе, иначе вода, вытекая изъ узкаго въ широкое русло, произведетъ ударъ въ медленно движущуюся массу, потеряетъ живую силу, отложитъ насосы и растечется вокругъ отложеній. Наивыгоднѣйшимъ представляется выводъ прорѣзи къ началу противоположнаго вогнутого берега и къ тому именно пункту, гдѣ началось уже сбойное теченіе, при чемъ прорѣзь будетъ служить непрерывнымъ сопряженіемъ двухъ вогнутыхъ, противоположныхъ, слѣдующихъ одинъ за другимъ береговъ, раздѣленныхъ между собою переваломъ или перемеломъ. Но если сей послѣдній длиненъ, представляетъ собою нагроможденіе косъ, раздѣленныхъ отдѣльными протоками, то прорѣзь можетъ быть настолько длинна и недостаточно вогнута, съ берегами настолько изрѣзанными протоками, что сохраненіе въ ней непрерывнаго сбойнаго теченія сдѣлается невозможнымъ. Въ такомъ случаѣ потребуется устроить русло съ перегибами въ разныя стороны, и для выполненія проекта въ такомъ случаѣ одного только землечерпанія окажется совершенно недостаточно, а придется прибѣгнуть къ выправленію теченія посредствомъ построенія сооружений.

Такъ какъ на практикѣ на нашихъ неустроенныхъ, на большихъ рѣкахъ приходится имѣть дѣло по большей части не съ короткими перевалами, а съ длинными, тянущимися



иногда на нѣсколько верстъ перемелами, то по сложности и трудности задачъ и по обширности работъ землечерпаніе нельзя не почесть при нынѣшнемъ устройствѣ механизмовъ средствомъ хотя и могучимъ для временнаго на рѣкахъ воспособленія судоходству, но еще далеко недостаточнымъ для коренного и надежнаго углубленія нашихъ большихъ рѣкъ.

Обращаясь къ приемамъ выправленія теченія рѣчного потока, необходимо имѣть въ виду слѣдующія соображенія.

Для достиженія непрерывно глубокой полосы въ руслѣ требуется осуществить на этой полосѣ фарватерное сходящееся теченіе и соотвѣтственно этому направить рѣчныя струи. Всѣ сооруженія, предназначенныя для этой цѣли, будутъ имѣть характеръ струенаправляющихъ. Изъ закона относительныхъ перемѣщеній въ движущейся жидкости мы видѣли, что общее движеніе воды происходитъ вдоль русла, которое и заполняется водою во всѣхъ частяхъ своихъ поперечныхъ сѣченій. Но вмѣстѣ съ тѣмъ обнаруживается уклоненіе нѣкоторыхъ частицъ воды въ сторону фарватера, дающее начало сходящемуся сбойному теченію, направляющемуся ко дну и недопускающему его замелѣнія. Если бы мы начали форсировать это сходящееся теченіе, то конечно достигли-бы предѣла, послѣ котораго теченіе сдѣлалось-бы расходящимся со всѣми нежелательными для судоходнаго русла послѣдствіями. Поэтому, довольствуясь сходимостью струй на фарватерной полосѣ русла, мы не должны стѣснять теченіе, оставляя его по возможности совершенно свободнымъ, и вообще, измѣняя направление теченія струй, мы должны исключить, какъ объектъ нашего воздѣйствія, ширину русла.

Относительно струенаправляющихъ сооруженій нужно сказать, что таковыми могутъ быть и продольныя плотины, и запруды, и полузапруды, въ особенности-же наклоненныя косо венно по теченію. Однако-же сіи послѣднія имѣли-бы особенное значеніе лишь только какъ отдѣльно стоящія сооруже- 2 "  
женія, направляющія отдѣльную струю къ извѣстному мѣсту, да и въ этомъ отношеніи дѣйствіе ихъ ограничено, ибо на нѣкоторомъ, не особенно большомъ, разстояніи отъ ихъ оконечности струя теряетъ свое направленіе, значительно укло-



2/3/4  
 ниясь въ сторону теченія, и растекается, производя обмелѣніе. Для сплошнаго выправленія фарватера нуженъ цѣлый рядъ струенаправляющихъ сооружений, а при этомъ наклонныя полузапруды дѣйствуютъ на рѣчное теченіе только своими концами, и потому косвенное расположеніе сооружений на большей части ихъ длины бесполезно увеличиваетъ объемъ ихъ по сравненію съ полузапрудами, расположенными нормально къ берегу. Тѣмъ не менѣе слѣдуетъ указать на значеніе расположенія полузапрудъ, приближеніе къ нимъ и удаленіе отъ нихъ полосы фарватернаго теченія. Рѣчныя струи при встрѣчѣ полузапрудъ, отклоненныхъ противъ теченія, омываютъ ихъ головы, проникаютъ отчасти въ промежутки между ними, вымываютъ ямы по близости головъ и образуютъ сбой по близости трассы такого берега, тогда какъ, ударяясь въ наклонно по теченію расположенныя сооружения, струи направляются вдоль ихъ головъ и, минуя послѣднія, относятся по направленію къ серединѣ русла. Ясно, что въ первомъ случаѣ, т. е. при употребленіи полузапрудъ, направленныхъ нѣсколько противъ теченія, мы получимъ фарватеръ, прижатый къ берегу, а при употребленіи полузапрудъ, направленныхъ внизъ по теченію, фарватеръ ляжетъ ближе къ серединѣ русла. Возможность подобнаго перемѣщенія фарватерной полосы можетъ имѣть иногда важное значеніе при проектной трассировкѣ рѣчнаго русла, когда нужно, на примѣръ, недопустить удаленія фарватера отъ слабо вогнутаго берега, или когда нужно энергично повернуть теченіе отъ выпуклости одного берега къ началу вогнутости другого.

Способъ трассировки русла и размѣщеніе струенаправляющихъ сооружений для достиженія непрерывной полосы фарватернаго теченія, какъ я уже сказалъ, слѣдуетъ представить инженеру—практику, опытному въ производствѣ выправительныхъ работъ, однако-же я не могу усмотрѣть въ этомъ дѣлѣ большого поля для изобрѣтательности. Полагаю, что наблюдательность и изученіе естественнаго, природнаго русла рѣки, подлежащей выправленію, должны и могутъ дать наилучшія, наиболѣе вѣрныя указанія.



Всѣмъ извѣстно, что на рѣкахъ съ размываемымъ ложемъ глубокія части фарватера располагаются вдоль достаточно вогнутыхъ береговъ, а перевалы и перемелы на перегибахъ русла. Руководствуясь этимъ общимъ указаніемъ, необходимо поддерживать хорошее состояніе плесовъ, закрѣпляя ихъ берега, а для улучшенія неудовлетворительныхъ мѣстъ стараться развить протяженіе вогнутыхъ очертаній, придавъ таковымъ берегамъ достаточную кривизну для удержанія вдоль нихъ теченія, и возможно удлинить вогнутости внизъ по теченію до мѣстъ расположенія перегибовъ. Для дальнѣйшаго изслѣдованія вопроса объ укрѣпленіи вогнутыхъ береговъ необходимо указать на то, что расположеніе струй характерно различно у разныхъ частей вогнутого берега, причемъ верхнія по теченію части берега, образующія съ направлениемъ гребня вышележащей подводной косы, острые углы, подвержены бываютъ всегда наибольшему подмыву.

Изъ вышеописанныхъ результатовъ наблюденій и непосредственныхъ измѣреній рѣчныхъ струй мы видѣли, что рѣчное теченіе движется не параллельно вогнутымъ берегамъ, какъ это было-бы подѣ влияніемъ центробѣжной силы, а направляется по кривымъ отъ выпуклыхъ береговъ къ вогнутымъ, пересѣкая подѣ острыми углами направленія сихъ послѣднихъ. Струи, переливающиеся черезъ подводный гребень косы, ударяются въ верхнюю по теченію часть вогнутого берега съ большою силою. Ударившись въ берегъ, онѣ вслѣдъ за симъ уклоняются внизъ ко дну тѣмъ круче, чѣмъ больше углы, образуемые ими въ планѣ съ направлениемъ берега. Такого явленія—опусканія воды ко дну потока, конечно, не было-бы, если-бы ниже, считая по теченію, не было прилива къ тому-же берегу все новыхъ и новыхъ струй, которыя не допускаютъ ранѣе прилившимъ къ берегу струямъ получить свободное вдоль него направленіе, а заставляютъ ихъ послѣ удара въ берегъ спускаться ко дну и тамъ внизу между берегомъ и гребнемъ косы течъ подѣ непрерывно вновь приливающими къ берегу струями верхового теченія. Подробности такого расположенія теченій можно изслѣдовать, какъ было ранѣе указано на чертежахъ, по измѣреніямъ, произведеннымъ



близъ г. Екатеринослава и отчасти на нашихъ моделяхъ (см. на листѣ IV, на фотографіи модели 1902 года профилей 15 и 17 двѣ крайнія вертикали у праваго берега, а также профилей 18 и 19 третью и четвертую вертикали отъ того же берега).

Притокъ новыхъ сильныхъ струй къ вогнутому берегу прекращается противъ нижней по теченію оконечности подводнаго гребня косы, гдѣ онъ переходитъ въ обнаженный гребень той же, но уже сухой песчаной косы. Идущее вдоль вогнутого берега теченіе, не будучи болѣе съ этого мѣста прижато къ нему перелившимися черезъ подводный гребень струями, станетъ растекаться къ выпуклому берегу и откладывать наносы, вымытые изъ вогнутого берега. Препятствовать такому растеканію воды въ сторону выпуклаго берега не слѣдуетъ, ибо постройкою сооружений со стороны выпуклаго берега мы могли бы образовать сбой воды и фарватерное теченіе у выпуклаго берега, что и наблюдается нерѣдко или какъ результатъ неудобныхъ въ судоходномъ отношеніи естественныхъ причинъ, или какъ результатъ шаблоннаго примѣненія водостѣсненія. Растекшаяся къ выпуклому берегу часть воды сама себя закроетъ дорогу разбросанными наносами и вернется вновь къ вогнутому берегу для возобновленія сбоя. Нужно только позаботиться о томъ, чтобы при первомъ отливѣ воды послѣ прекращенія удара ея въ берегъ сбойное теченіе у вогнутого берега не прекратилось или не уменьшилось значительно. Для этого служить достаточная кривизна берега, который чѣмъ сильнѣе поворачиваетъ въ сторону русла, тѣмъ подъ большимъ угломъ пересѣкаетъ рѣчныя струи и, принимая на себя ихъ ударъ, заставляетъ опускаться внизъ и размывать дно по близости подошвы берега.

На основаніи изложеннаго описанія расположенія теченій у вогнутыхъ береговъ можно вывести практическое правило для трассировки такихъ береговъ. Верхняя по теченію часть берега до оконечности противолежащей косы обезпечена прижатостью къ ней фарватернаго теченія благодаря удару сливающейся съ косы воды и потому не нуждается ни въ увеличеніи кривизны очертанія, ни въ приданіи послѣднему осо-



бенной правильности. Нижняя же часть того же берега должна, во избѣжаніе отлива отъ нея сбойнаго теченія, имѣть достаточную для этого кривизну безъ быстрыхъ увеличеній ея радиусовъ. Образующееся благодаря кривизнѣ берега сбойное теченіе близъ него поддерживаетъ глубину, а сія послѣдняя, уменьшая сопротивленія движенію воды, привлекаетъ сюда струи отъ вогнутого берега, обезпечиваетъ ихъ дальнѣйшую сходимость и незаносимость фарватера. Такія благоприятныя явленія могли-бы продолжаться безпредѣльно, если-бы вогнутый берегъ можно было безпредѣльно трассировать безъ перегибовъ по незамкнутой и непересѣкающейся кривой линіи, направленной вдоль по долинѣ рѣки.

Мнѣ нѣсколько разъ приходилось говорить, что для удержанія около себя сбойнаго теченія вогнутый берегъ долженъ имѣть достаточную кривизну. Послѣднее выраженіе необходимо нѣсколько разъяснить.

Чѣмъ меньше расходъ воды въ руслѣ, тѣмъ менѣе ударъ ея и давленіе на вогнутый берегъ и, слѣдовательно, тѣмъ легче она можетъ его оставить и направиться къ выпуклому берегу. Лишь только достаточно крутой поворотъ берега можетъ пересѣчь слабо прижатые къ нему струи и, направивъ ихъ на пересѣченіе съ далѣе текущими струями, заставить опускаться ко дну, сохранить сбой струй и глубокій фарватеръ, привлекая, конечно, вмѣстѣ съ тѣмъ къ нему струи отъ выпуклаго берега. Нерѣдко приходится наблюдать въ естественномъ руслѣ такого рода явленія: высокія воды слѣдуютъ вдоль слабо вогнутого берега, а меженнія, и въ особенности низкія, круто уклоняются отъ него въ сторону выпуклаго берега, отлагая отмель приблизительно около вершины или середины вогнутого берега, а затѣмъ снова приближаются къ его оконечности. Подобныя явленія зачастую наблюдаются на выправлявшихся частяхъ заграничныхъ большихъ рѣкъ (въ особенности рѣзко они выражаются на рѣкѣ Дунайѣ). Если выправляемое русло трассируется по кривымъ большихъ радиусовъ съ плавными, пологими и длинными перегибами, то рѣчной потокъ никогда не ложится согласно проектной трассѣ, но, непрерывно и измѣнчиво изгибаясь, бро-



сается отъ одного берега къ другому, отлагая беспорядочно песчанья косы, постоянно измѣняющія свои очертанія. Конечно, уже однимъ собраніемъ водъ рѣки, разсѣянныхъ прежде по рукавамъ и отдѣльнымъ протокамъ, бываетъ достигнута нѣкоторое улучшеніе судоходныхъ свойствъ рѣкъ, направляемыхъ по нынѣшней шаблонной системѣ, но несомнѣнно, что посредствомъ разломки и устраненія нѣкоторыхъ сооружений и послѣ устройства ведущихъ воду береговъ по рационально назначенной трассѣ возможно значительно увеличить глубину и достигнуть устойчивости фарватера. Ошибки въ проектированіи подобнаго рода работъ происходили главнымъ образомъ отъ двухъ причинъ: во первыхъ, назначали два непрерывные и почти параллельные берега, которыми хотѣли стѣснить воду, и, во вторыхъ, воображали, что по полого начертанной трассѣ вода и фарватеръ пойдутъ также плавно, не дѣлая крутыхъ поворотовъ отъ одного берега къ другому. Стремленіе къ пологимъ очертаніямъ сохранилось традиціонно и по нынѣ, не будучи основано ни на чемъ, кромѣ безотчетнаго страха передъ текущею водою. Между тѣмъ изъ всего того, что мною съ подробностью было здѣсь изложено, полагаю, что каждый непредубѣжденный читатель усвоитъ коренное правило для построенія вогнутыхъ береговъ, заключающееся въ томъ, чтобы они, по крайней мѣрѣ въ нижней своей половинѣ, отнюдь не были пологи, но чтобы кривизна ихъ была достаточна для удержанія вдоль нихъ воды при самомъ низкомъ ея горизонтѣ. Пока, за недостаточностью измѣреній, мы далеко еще не имѣемъ данныхъ для точнаго указанія радіусовъ кривизны, соотвѣтствующихъ извѣстному состоянію рѣки, т. е. извѣстнымъ расходу воды и скорости ея теченія; поэтому достаточную для удержанія сбойнаго теченія кривизну берега приходится опредѣлять или путемъ наблюденія надъ естественными плесами, или посредствомъ опытныхъ исправительныхъ работъ.

Мы видѣли, что ударъ воды въ вогнутый берегъ бываетъ особенно силенъ въ верхней по теченію его части, а затѣмъ постепенно ослабѣваетъ къ нижней оконечности. Соотвѣтственно силѣ подмыва слѣдуетъ давать и профиль по-



перечнаго сѣченія береговымъ обдѣлкамъ, при чемъ, если обстоятельства позволяютъ отодвинуть русло отъ берега, употребленіе струеотбойныхъ поперечныхъ плотинъ, въ экономическомъ отношеніи, слѣдуетъ признать предпочтительнымъ, какъ это достаточно было объяснено въ первой части нашего доклада. Вообще при назначеніи проектной трассы вогнутого берега слѣдуетъ вести ее, придерживаясь общаго направленія берега, но мѣстами приходится отступать какъ въ сторону рѣки, такъ и за гребень берега. Въ первомъ случаѣ для осуществленія трассы могутъ служить продольныя плотины съ поперечными траверсами, сопрягающими ихъ съ берегомъ, а также и полузапруды, а во второмъ случаѣ могутъ потребоваться также земляныя выемки и черпаніе. Въ моей практикѣ къ послѣдней мѣрѣ прибѣгать не приходилось, такъ какъ, благодаря слабости песчано-илистаго грунта береговъ р. Днѣпра и его притоковъ, укрѣплялись лишь только части береговъ, близкія къ проектной трассѣ, а выступавшія за трассу въ русло, предоставлялись размыву силою естественнаго теченія, который и исполнялъ постепенно эту работу въ теченіи одного или нѣсколькихъ лѣтъ.

Все, что изложено здѣсь относительно силы подмыва, радіусовъ кривизны и выбора типовъ обдѣлокъ, относится къ тому случаю, когда производится выправленіе теченія рѣки. Если-же исполняются однѣ лишь берего-укрѣпительныя работы и еще болѣе, если производится по какимъ либо исключительнымъ условіямъ или требованіямъ укрѣпленіе одного лишь даннаго вогнутого берега, то говорить о подраздѣленіи берега по длинѣ его на отдѣльныя части не приходится, ибо вслѣдствіе постояннаго передвиженія косъ внизъ по теченію вмѣстѣ съ тѣмъ передвигается и мѣсто наибольшаго удара переливающейся черезъ косы воды. Въ результатъ такого передвиженія оказывается, что верхняя часть берега закрывается надвинувшеюся косою, а наибольшій ударъ переносится на нижнюю часть берега, которая, слѣдовательно, въ такомъ случаѣ должна быть укрѣплена такъ-же сильно, какъ и верхняя часть.

Описаннымъ устройствомъ вогнутыхъ береговъ при вы-



правленіи рѣчного теченія возможно обезпечить вдоль нихъ постоянную судоходную глубину, и потому нельзя не признать желательнымъ по возможности развивать длину вогнутыхъ береговъ на счетъ сокращенія перегибовъ русла, на которыхъ теченіе тѣмъ безпорядочнѣе, чѣмъ длиннѣе эти перегибы.

Обращаясь къ разсмотрѣнію раціональнаго устройства перегибовъ, необходимо уяснить себѣ, возможно-ли достигнуть на нихъ такихъ-же глубинъ, какъ вдоль вогнутыхъ береговъ, т. е. возможно-ли сохранить на перегибахъ сбойное фарватерное теченіе, обращенное ко дну и обезпечивающее послѣднее отъ замелѣнія, и въ какихъ размѣрахъ это возможно.

На чертежѣ 1-мъ листа VІІ-го изображенъ простой перегибъ русла съ переваломъ отъ одного берега къ другому черезъ мелкую косу. Вполнѣ согласно существующимъ традиціоннымъ правиламъ выправленія (въ дѣйствительности водостѣсненія) нанесена на планъ полагая трасса безъ крутыхъ поворотовъ русла, и все пространство между трассою и гребнями естественныхъ береговъ заполнено проектируемыми сооружениями. Такой проектъ можно считать составленнымъ правильно, подробно и цѣлесообразно; въ дѣйствительности же, если внимательно всмотрѣться въ расположеніе теченія на перегибѣ, оказывается, что теченіе совсѣмъ здѣсь не выправлено, что выправлено только очертаніе русла, и то исключительно въ отношеніи геометрическомъ, въ отношеніи красоты очертанія береговъ, симметріи.

Растеканіе струй и прекращеніе сбоя воды и фарватернаго теченія, какъ показано на чертежѣ, обнаруживалось до постройки сооружений у пункта А, противъ мѣста измѣненія очертанія лѣваго, ведущаго воду, берега изъ вогнутаго въ выпуклое. Послѣ постройки здѣсь продольной плотины и цѣлаго ряда полузапрудъ обстоятельства теченія измѣнились очень мало (смот. чертежъ № 2). Растеканіе воды къ лѣвому берегу нѣсколько уменьшилось, но благопріятныя послѣдствія отъ этого, для сохраненія сбоя на перегибѣ, весьма незначительны, такъ какъ искусственный берегъ расположенъ настолько близко къ естественному берегу, что не въ состояніи



замѣтно измѣнить условія расположенія рѣчныхъ струй на перегибѣ русла. Сооруженія праваго берега въ видѣ полузапрудъ, имѣя весьма малое значеніе для меженней воды, образовали нѣкоторый подпоръ для проходящихъ надъ ними высокихъ водъ и отжали ихъ къ вогнутому берегу, по проходѣ котораго эти воды болѣе прежняго растеклись въ правую сторону и отложили на перемелѣ безпорядочную массу наносовъ. Въ результатѣ такого выправленія перевала получились слѣдующія измѣненія въ конфигураціи рѣчного дна и расположеніи теченій.

Полоса сбойнаго теченія продолжилась приблизительно до пункта Б, т. е. до начала выпуклости искусственнаго лѣваго берега. У головъ нижерасположенныхъ полузапрудъ образовались выемки, вдоль которыхъ направился отдѣльный протокъ воды, постепенно растекающійся и недоступный для судоходства вслѣдствіе мелководія его нижней оконечности. Второй судоходный протокъ, сопрягающій мѣста сбойныхъ теченій, лежащихъ у двухъ вогнутыхъ береговъ, легъ по прежнему поперекъ русла отъ лѣваго къ правому берегу, но только нѣсколько ниже по теченію. По мѣрѣ спада воды протокъ этотъ мелѣетъ, мѣняя свое положеніе, дѣлаясь круче и перемѣщаясь постепенно къ верхней по теченію части подводнаго гребня косы. Въ зависимости отъ силы лѣваго несудоходнаго протока, правый протокъ мало разнится по глубинѣ отъ прежняго хода, существовавшаго до выправленія, но временами, при посадкѣ на мель судовъ и плотовъ, дѣлается извилистѣе, измѣнивѣе прежняго вслѣдствіе увеличенія на немъ подпора и отклоненія нѣкоторой части теченія въ лѣвый протокъ.

Единственное условіе для углубленія перемела,—образованіе на немъ сбойнаго теченія, описаннымъ способомъ выправленія не достигнуто, вода по прежнему растекается во всѣ стороны, отлагаетъ наносы, черезъ которые и перекачивается доннымъ теченіемъ. Отложившіеся наносы увеличиваютъ сопротивленія движенію воды и вмѣстѣ съ тѣмъ увеличиваютъ расхожденіе струй. Послѣ такого выправленія сохраняется на рѣкѣ устойчивый мелевой режимъ.



Столь неблагоприятные результаты, конечно, заставляют изыскивать средства къ исправленію трассы. Мнѣ лично неоднократно приходилось рѣшать подобные вопросы практически путемъ, измѣняя очертаніе трассы до тѣхъ поръ, пока не удалось получить рѣшенія общаго, теоретическаго, принципиальнаго. Стараясь отжать струи отъ выпуклаго берега, дабы скорѣе перести ихъ въ районъ нижележащаго плеса, къ вогнутому берегу, я удлинялъ полузапруды, но, не желая производить общаго сѣшенія русла, удлинялъ ихъ не всѣ и не на одинаковую длину, и не сразу, а постепенно и, такъ сказать, ощупью. На нѣкоторыхъ перегибахъ сразу, а вообще довольно медленно, въ теченіи лѣтъ до пяти, удавалось добиваться желаемого углубленія перегиба и установленія на немъ постоянного сбойнаго теченія. На чертежѣ № 2 показано пунктиромъ требовавшееся удлиненіе полузапрудъ, а крестиками обозначено практически путемъ полученное очертаніе трассы оконечности вогнутаго и начала выпуклаго искусственнаго берега на перегибѣ русла. Въ результатѣ не очень значительныхъ по количеству работъ, необходимыхъ для цѣлесообразнаго измѣненія трассы ведущаго воду берега, оказывалось, что сбойное теченіе одного берега, начавъ немного растекаться у пункта В, но сохраняясь по инерціи, немного ослабѣвъ только на короткомъ протяженіи своего свободного пути, вливалось въ сбойное теченіе, установившееся уже у противоположнаго вогнутаго берега рѣки. Такимъ образомъ наконецъ на перегибахъ осуществлялся режимъ сбойнаго, фарватернаго теченія.

Теоретическимъ путемъ вопросъ о выправленіи теченія на перегибахъ рѣшается быстрѣ, точнѣе и категоричнѣе, чѣмъ описанная мною выработка практически путемъ трассы ведущаго воду берега.

Изъ „закона внутреннихъ перемѣщеній“ намъ извѣстно, что теченіе воды можетъ быть только или сходящимся, или расходящимся, что первое располагается вдоль глубокихъ частей русла и само производитъ углубленіе вдоль своего установившагося пути, что второе сопровождается явленіями противоположными и для судоходства нежелательными; поэтому



единственнымъ средствомъ для достиженія углубленія рѣчного дна на пережатѣ необходимо почитать образованіе вдоль него сходящагося сбойнаго теченія, подобнаго тому, которое расположено выше вдоль вогнутаго лѣваго берега. Въ дѣйствительности въ подобныхъ случаяхъ для достиженія схождения или сбоя струй на перегибѣ не имѣется другого способа, какъ только продолжить тотъ-же вогнутый берегъ, помощью струенаправляющихъ сооруженій, по всему переходу воды черезъ перемель до мѣста образованія сбоя струй у нижележащаго противоположнаго вогнутаго берега (смотри. чертежъ 3-й). При такомъ построеніи ведущаго воду берега можно было бы рассчитывать, не ослабляя сбоя струй на перегибѣ, достигнуть такихъ-же глубинъ, какія имѣются вдоль сосѣднихъ вогнутыхъ береговъ, т. е. достигнуть полного выравниванія глубинъ какъ на вогнутыхъ плесахъ, такъ и на перегибахъ русла; однакоже въ дѣйствительности осуществленіе подобной трассы ведущаго берега встрѣчаетъ нижеслѣдующія препятствія. Между оконечностью искусственнаго берега на перегибѣ и противоположнымъ вогнутымъ естественнымъ берегомъ получается столь узкое отверстіе, въ которое долженъ пройти весь расходъ воды, что по выходѣ изъ него вода должна получить неминуемо растекающееся движеніе, при чемъ, чѣмъ больше уголъ, образуемый направленіемъ теченія, ударяющаго въ берегъ, съ очертаніемъ сего послѣдняго, тѣмъ быстрѣе вода отольетъ отъ берега и тѣмъ, конечно, труднѣе будетъ удержатъ теченіе у такого, хотя-бы и сильно вогнутаго, берега. Послѣдствіемъ подобнаго отлива воды въ сторону выпуклаго берега окажется вѣрообразное разбрасываніе струй и отложеніе мели, какъ показано на чертежѣ 3-мъ. Итакъ, съ одной стороны, необходимо для образованія сбойнаго теченія на перегибѣ русла круто отвернуть теченіе отъ вогнутаго берега къ нижележащему, противоположному вогнутому берегу, а съ другой стороны—подвести достигнутое сбойное теченіе къ этому послѣднему берегу возможно положе для ослабленія силы удара воды въ него и затѣмъ отлива отъ него. Чтобы достигнуть хотя-бы въ нѣкоторой степени обѣихъ означенныхъ цѣлей, необходимо (см. чертежъ 4), продолжая вогнутое очер-



таніе берега по перегибѣ, примѣрно на  $\frac{1}{3}$  до  $\frac{1}{2}$  его ширины, перегнуть трассу, измѣнивъ ея вогнутость на выпуклость, и продолжать сію послѣднюю внизъ по теченію настолько, чтобы не допустить отлива воды отъ вогнутаго берега. Длина искусственной выпуклой части берега будетъ тѣмъ больше, чѣмъ положе противолежащій, ведущій воду, берегъ, т. е. протяженіе выпуклой части должно быть пропорціонально радіусу кривизны вогнутаго берега при всѣхъ другихъ одинаковыхъ обстоятельствахъ.

Сравнивая рѣшеніе вопроса о построеніи трассы ведущаго берега на перегибѣ русла теоретическое (чертежъ 4-й) съ практически у насъ получившимся (чертежъ 2-й) мы увидимъ, что эти рѣшенія совершенно одинаковы, при чемъ разница заключается только въ томъ отношеніи, что рѣшеніе теоретическое не только исключаетъ потребность многихъ сооружений, выступающихъ въ русло со стороны противоположнаго берега, но указываетъ на вредъ, который отъ нихъ долженъ послѣдовать. Полузапруды, расположенныя у праваго выпуклаго берега, образуя подпоръ высокихъ водъ, отклоняютъ ихъ къ лѣвому вогнутому берегу и тѣмъ увеличиваютъ безцѣльно углубленіе плеса, уменьшаютъ паденіе воды на немъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ увеличиваютъ паденіе и затрудненія судоходству на сосѣднихъ перегибахъ русла. За тѣмъ выдвиганіе (чертежъ 2-й) въ русло начала вогнутаго берега производитъ отклоненіе теченія (особенно высокихъ водъ) отъ сего послѣдняго и препятствуетъ желательному, скорѣйшему образованію здѣсь сбойнаго теченія. Объ опасностяхъ судоходству со стороны нѣкоторыхъ изъ послѣднихъ сооружений будетъ сказано далѣе. Такимъ образомъ прежняя выправительная система, кромѣ недостиженія должнаго углубленія перегибовъ русла требовала еще излишнихъ расходовъ на большое число не только ненужныхъ, но даже и вредныхъ сооружений.

Изложенное мною правило выправленія русла на перегибахъ можно выразить такъ: слѣдуетъ удлинитъ или развивать нижнія оконечности вогнутыхъ береговъ и выдвигать выступы въ русло верхнихъ частей выпуклыхъ береговъ. Для



сокращенія словъ, уподобляя очертаніе выпуклаго песчаного берега очертанію человѣческаго плеча и давая названіе заплечья началу выпуклости берега, выведенное нами правило построения искусственнаго берега на перегибѣ русла можно сокращенно изложить такъ: развивать вогнутые берега и выдвигать заплечья выпуклыхъ береговъ.

Результатами такого выправленія перегиба окажутся:  
 1) Сокращеніе длины перегиба. 2) Значительное увеличеніе крутизны поворота теченія отъ одного къ другому берегу.  
 3) Сохраненіе сбойнаго фарватернаго теченія на перегибѣ.  
 4) Нѣкоторое уменьшеніе глубинъ на нижней части перегиба относительно глубинъ, существующихъ на сосѣднихъ вогнутыхъ плесахъ.

Для того чтобы судить о значеніи послѣдняго явленія, необходимо рассмотреть вопросъ о томъ, насколько желательно полное уничтоженіе сопротивленій движенію воды на перегибахъ русла и достиженіе равенства сопротивленій и однообразія всѣхъ элементовъ теченія, а въ томъ числѣ и глубинъ, на всемъ протяженіи рѣки.

Каждый, кто знакомъ съ состояніемъ нашихъ луговыхъ рѣкъ въ критическій періодъ ихъ мелководія, знаетъ, какъ неприяты для судоходства перекаты, но каждый также долженъ согласиться и съ тѣмъ, что, благодаря подпору, производимому этими естественными донными загражденіями, сохраняются на плесахъ, раздѣленныхъ между собою перемелами, и тихое спокойное теченіе, и глубина, и ширина фарватера. Уничтожьте существующіе перемелы, — горизонтъ воды на плесахъ спадетъ, явятся повсемѣстныя быстрины и новыя многочисленныя мели. Такимъ образомъ, углубляя фарватеръ на перемелахъ, необходимо стараться по возможности сохранять естественныя донныя запруды на перегибахъ русла.

Нерѣдко приходится слышать, что при выправленіи русла необходимо заботиться о томъ, чтобы теченіе меженныхъ водъ по возможности совпадало съ направленіемъ весенняго теченія; я же скажу, что такого совпаденія слѣдуетъ избѣгать такъ-же, какъ и совершенно противоположнаго направленія. Въ дѣйствительности, въ природѣ, весеннія воды въ



кривыхъ частяхъ меженнаго русла направляются приближенно по хордамъ кривыхъ и, пересѣкая песчаныя косы у выпуклыхъ береговъ, имѣютъ вообще довольно прямое направление, тогда какъ меженное теченіе пересѣкаетъ ложе рѣки подъ разными острыми углами къ берегамъ, а при низкихъ горизонтахъ даже подъ прямыми и тупыми углами, направляясь отъ одного берега къ другому. Вообще весеннему теченію неестественно слѣдовать за всѣми изгибами меженнаго русла, и потому совпаденіе одного теченія съ другимъ есть исключеніе и, какъ таковое, не желательно, ибо нарушаетъ однообразіе, постоянство, равномерность въ режимѣ воднаго потока. Въ такихъ мѣстахъ глубина и ширина меженнаго русла бываютъ очень велики, несоразмѣрно больше присутствующихъ рѣкъ на всемъ ея протяженіи, а скорость теченія меженныхъ водъ весьма слабая, паденія воды почти никакого. Зато на ближайшихъ участкахъ обнаруживаются противоположныя явленія: увеличеніе скорости и паденія воды, уменьшеніе глубины и проч. Такія глубокія ямы или омуты свойственны рѣкамъ невыправленнымъ. Даже о степени судоходности или степени выправленности рѣки можно судить по отношенію между глубинами на самыхъ глубокихъ и самыхъ мелкихъ мѣстахъ. Болѣе подробно объ этомъ предметѣ доложено было мною Съѣзду инженеровъ гидротехниковъ 1892 года (см. труды съѣзда стр. 673).

Такимъ образомъ, не имѣя возможности на всѣхъ перегибахъ располагать меженное теченіе по направленію весенняго, отъ такого намѣренія необходимо совсѣмъ отказаться, тѣмъ болѣе, что мы уже видѣли, что подпоръ весеннихъ водъ весьма желателенъ съ цѣлью отложенія ими наносовъ именно на перегибахъ, для образованія естественныхъ песчаныхъ запрудъ.

Размывъ рѣчного ложа въ рѣкѣ съ песчаными отложеніями на перегибахъ русла происходитъ главнымъ образомъ въ предѣлахъ мелкихъ мѣстъ, съ которыхъ сносится грунтъ, насыпанный высокою водою, тогда какъ послѣ полного уничтоженія песчаныхъ отложеній послѣдовалъ-бы размывъ рѣчного русла на протяженіи всей длины потока, и послѣдствіемъ



сего явились-бы общее быстрое углубленіе дна рѣки и пониженіе горизонта воды, а вмѣстѣ съ тѣмъ пониженіе грунтовыхъ водъ и обмелѣніе гаваней, естественныхъ затоновъ и подходовъ къ нимъ съ рѣки. Все это сопряжено было-бы съ такими неудобствами для судоходства, что поневолѣ пришлось бы обратиться къ примѣненію шлюзованія. А между тѣмъ искусственное шлюзованіе въ рѣкахъ съ подвижнымъ дномъ замѣняется естественнымъ шлюзованіемъ, при которомъ мели, отлагаемая на перегибахъ высокою водою, играютъ роль запрудъ, нужно только взамѣнъ шлюзовъ, или вѣрнѣе полушлюзовъ, устроить черезъ эти запруды проходы, которые-бы разрабатывались въ глубину самимъ теченіемъ. Употребляемые нами выступы верхнихъ частей выпуклыхъ береговъ, подпирая весеннюю воду, заставляютъ ее откладывать песчанья запруды на перегибахъ русла именно въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ намъ нужно, гдѣ затѣмъ, при меженныхъ горизонтахъ, сбійное теченіе, ведомое оконечностями вогнутыхъ береговъ, навѣрное своевременно размоетъ запруды, устроивъ въ ней свободный, помѣстительный проходъ, играющій роль полушлюза. Такимъ образомъ указываемый мною способъ выправленія теченія на перегибѣ русла, вызывая подпоръ высокой воды на одной части поперечнаго сѣченія, не только не вреденъ для состоянія русла, но весьма полезенъ тѣмъ, что, углубляя рѣку на перегибѣ, онъ гарантируетъ вышележащіе плесы отъ паденія на нихъ горизонта и отъ появленія новыхъ обмелѣній, получая до нѣкоторой степени характеръ шлюзованія русла.

Какъ уже было сказано, для выправленія теченія на перевалѣ, необходимо возможно быстро и круто перевести сбійное теченіе изъ подъ одного вогнутаго берега къ другому, нижележащему, противоположному. Защитники прежнихъ пологихъ перегибовъ, вѣроятно, станутъ указывать на неудобства крутыхъ поворотовъ по причинѣ усиленныхъ подмывовъ сооружений водою и затрудненія для движенія судовъ, разминуванія ихъ и наваловъ на сооруженія. Такъ какъ подобныя затрудненія, хотя-бы и въ очень малой степени, существуютъ вездѣ и всегда, и аваріи отъ нихъ случаются даже и на тихихъ плесахъ, то для выясненія вопроса о такихъ затруд-



неніяхъ на перегибахъ, выправленныхъ по указанному мною способу (чертежъ 4), необходимо сравнить ихъ съ таковыми же затрудненіями, которыхъ можно ожидать на перегибахъ, выправляемыхъ пологими трассами (чертежъ 2-й).

По отношенію къ подмыву сооружений на той части вогнутого берега, на которую обращается теченіе изъ подъ удлиненной оконечности вышележащаго, противоположнаго берега, нужно припомнить сказанное нами ранѣ относительно обычнаго подмыва верхнихъ частей вогнутыхъ береговъ водою, стремительно сливательною съ гребней косъ и обращающеюся внизъ ко дну къ подошвѣ берега. На плохо выправленномъ перегибѣ русла (чертежъ 2-й) песчанья косы не закрѣпляются въ одномъ положеніи, а непрерывно и постоянно передвигаются, при чемъ ударъ воды, сливательною съ гребней косъ, приходится то на ту, то на другую часть вогнутого берега, вызывая постоянные подмывы и требуя поэтому весьма сильной профили береговой обдѣлки на всемъ, иногда очень длинномъ, ея протяженіи. Между тѣмъ, примѣняя нами предлагаемый способъ выправленія теченія, мы, круто повернувъ сіе послѣднее, кладемъ его въ одномъ постоянномъ направленіи и однимъ протокомъ, прорѣзываемъ имъ гребень косы въ одномъ постоянномъ мѣстѣ и производимъ ударъ въ вогнутый берегъ также въ извѣстномъ постоянномъ мѣстѣ. Такимъ образомъ мы углубляемъ одну опредѣленную часть русла и, давши особо сильную профиль одной только соотвѣтственной части обдѣлки, не подвергнемъ остальные, менѣ прочныя, наши сооруженія поврежденіямъ послѣ того, какъ произойдетъ перестройка русла. Изъ практики многихъ, произведенныхъ подъ моимъ наблюденіемъ, берегоукрѣпительныхъ работъ я пришелъ къ тому выводу, что разрушеніе береговъ и поврежденіе береговыхъ укрѣпленій продолжаются (иногда въ огромныхъ размѣрахъ) только до того времени, пока не выправлено теченіе на перегибахъ русла.

На основаніи всего сказаннаго нашъ способъ выправленія теченія, какъ дающій сразу устойчивый характеръ фарватеру, обезпечиваетъ вполне устойчивость и прочность сооружений противъ поврежденій отъ подмывовъ, при чемъ ока-



зывается возможным не только отдѣльнымъ сооруженіямъ, но даже и отдѣльнымъ частямъ сооруженій давать различные поперечные размѣры, въ зависимости отъ силы предвидимаго удара въ нихъ воды.

Для удобства судоходства требуется по возможности пологій, глубокій и широкій фарватеръ, а во избѣжаніе навала судовъ на сооруженія, сии послѣднія не должны выступать своими оконечностями въ фарватерную полосу, въ особенности же выступать противъ спускающихся внизъ по теченію судовъ. Если рассмотримъ эти условія на чертежѣ 2-мъ, изображающемъ шаблонно выправлявшійся перегибъ, увидимъ, что судоходный протокъ, расположенный вдоль праваго вогнутого берега, будучи ослабленъ отдѣленіемъ другого лѣваго протока, не можетъ быть столь широкъ, какъ таже часть рѣки, показанная на чертежѣ 4-мъ, гдѣ сосредоточено сбойное теченіе со всего русла. Перегибъ неустойчиваго фарватера измѣнчивъ и въ дѣйствительности болѣе крутъ, почти перпендикуляренъ къ берегамъ на невыправленномъ теченіи (чертежъ 2-й), чѣмъ фарватеръ на перегибѣ крутомъ, но съ выправленнымъ и устойчиворасположеннымъ теченіемъ (чертежъ 4-й). По отношенію къ опасностямъ для судовъ со стороны выправительныхъ сооруженій, послѣднія по указываемому мною способу (чертежъ 4-й) никакихъ ни опасностей, ни даже малѣйшихъ затрудненій движенію судовъ не представляютъ, тогда какъ при постройкѣ струеотбойныхъ сооруженій на перегибѣ отъ обоихъ береговъ неминуемо окажутся сооруженія, угрожающія судоходству и въ особенности спускающимся судамъ. Такими сооружениями оказываются на чертежѣ 2-мъ послѣдняя полузапруда и два траверса съ продольными плотинами у праваго берега, на которые должно увлекать и выбрасывать суда быстрое теченіе, сливающееся съ подводнаго гребня косы и устремляющееся къ берегу, къ мѣсту расположенія указанныхъ сооруженій.

Изложенное рассмотрѣніе приводитъ насъ къ такому выводу: пологое очертаніе проектной трассы на перегибахъ русла не достигаетъ въ должной мѣрѣ углубленія, выпрямленія, уширенія и закрѣпленія (фиксация) фарватера, требуетъ из-



лишние много сооружений, сильной конструкции ихъ, при чемъ нѣкоторыя изъ нихъ могутъ быть опасны для судоходства. По отношенію къ всѣмъ этимъ недостаткамъ крутые повороты теченія отъ одного вогнутого берега къ другому представляются гораздо болѣе выгодными, сохраняя при томъ и даже усиливая полезное для рѣкъ значеніе перегибовъ русла.

Изслѣдованіемъ построенія трассы вогнутого берега на изгибѣ и перегибѣ русла, и устройства выступа верхней части выпуклаго берега для отбрасыванія сбойнаго теченія къ нижележащему вогнутому берегу, исчерпывается весь циклъ выправления теченія, такъ какъ съ послѣднимъ берегомъ нужно поступать, руководствуясь тѣми-же правилами, кои были нами установлены для перваго вогнутого берега, и такъ далѣе.

Мнѣ ничего не пришлось говорить объ очертаніи средних и нижнихъ частей выпуклыхъ береговъ, не пришлось говорить потому, что эти части береговъ не воздѣйствуютъ активно на теченіе воды и не должны на него непосредственно дѣйствовать для того, чтобы не вызвать отдѣльныхъ сбоевъ воды. Само теченіе, растекаясь въ сторону выпуклыхъ береговъ, складывается вдоль нихъ и ниже ихъ песчаныя косы; между тѣмъ какъ выдвиганіемъ въ русло сооружений отъ выпуклыхъ береговъ возможно обратить растекающееся къ нимъ меловое теченіе въ сбойное, направленное ко дну, и вызвать образованіе отдѣльныхъ протоковъ.

Все изложенное относится къ выправленію теченія, что же касается запруженія боковыхъ рукавовъ и протоковъ, то таковыя работы, конечно, имѣютъ значеніе отдѣльное и самостоятельное—собранія меженныхъ водъ, независимое отъ описанныхъ нами работъ—выправления теченія, и при томъ значеніе весьма важное, ибо чѣмъ больше, чѣмъ многоводиѣ рѣка, тѣмъ при всѣхъ другихъ одинаковыхъ условіяхъ и глубина на ней больше.

Изложивъ теорію выправленія рѣчного теченія, я предвижу нѣкоторыя возраженія со стороны приверженцевъ прежней выправительной или вѣрнѣе водостѣснительной системы углубленія рѣкъ, а потому признаю полезнымъ теперь-же привести необходимыя разъясненія.



Прежде всего мы могут сказать, что и вы, дескать, возводя сооруженія по своей системѣ, отчасти суживаете ими русло, что разница скорѣе въ данномъ вами названіи вашимъ сооруженіямъ „струенаправляющія“ въ отличіе отъ нашихъ „водостѣпнительныхъ“, тогда какъ сооруженія тѣ-же самыя: продольныя плотины, полузапруды и береговыя обдѣлки.

Для разъясненія такого недоразумѣнія мы нужно только кратко напомнить, что было подробно изложено ранѣе, что стѣсненіемъ русла нельзя обезпечить непрерывность глубокаго фарватера, а можно образовать мѣстами по два фарватера съ перерывами, съ перемелами на переходахъ съ одного на другой, нельзя уничтожить перемеловъ, но можно растянуть еще больше подводныя косы и сдѣлать ихъ мельче, чѣмъ онѣ были до стѣсненія. Поэтому всякихъ стѣсненій русла необходимо избѣгать тѣмъ болѣе, что глубина и непрерывность фарватера обезпечиваются не узкостью русла, но правильнымъ направленіемъ теченія, а для достиженія этого достаточно цѣлесообразное устройство одного, ведущаго воду, берега, при чемъ необходимо предоставить водѣ свободно растекаться въ сторону противоположнаго выпуклага берега.

Подъ словомъ „стѣсненіе“ русла нужно понимать ограниченіе ширины его, т. е. фиксированіе послѣдней *непрерывно* съ обоихъ береговъ, мы-же, устраивая одинъ лишь берегъ, не закрѣпляемъ противоположнаго. Воздѣйствуя на теченіе въ извѣстномъ, желаемомъ нами, направленіи, мы нисколько не стѣсняемъ русла, которое свободно можетъ передвигаться въ сторону противоположнаго берега. Поэтому употребляемыя нами сооруженія названы струенаправляющими не произвольно и не ради одного только отличія отъ таковыхъ-же, употребившихся при осуществленіи непрерывной двухлинейной трассы, а совершенно точно, соотвѣтственно назначенію сооруженій.

Мы могутъ возразить также слѣдующее: вы отвергаете цѣлесообразность производившагося до сего времени выправленія рѣкъ, тогда какъ за границею выправлено уже большое ихъ протяженіе, и тамошніе инженеры довольны результатами, да и наши нерѣдко восхищаются заграничными ра-



ботами; наконецъ и при вашихъ работахъ на Днѣпрѣ и Припяти многія вполнѣ достигли своей цѣли.

На это я скажу, что я не знаю такого регулированія, которое, будучи или, вѣрнѣе сказать, почитаясь законченнымъ, ухудшило-бы прежнее состояніе той части рѣчного русла, гдѣ произведены работы, хотя бываютъ такіе случаи, что ниже углубленныхъ частей появляются новыя мели, иногда болѣе затруднительныя, чѣмъ снесенныя. Но я съ другой стороны не знаю такого болѣе или менѣе значительнаго по протяженію участка рѣки, на которомъ были-бы достигнуты то углубленіе и та устойчивость фарватера, которыя способна дать рѣка, и которыхъ можно достигъ измѣненіемъ расположенія русла посредствомъ удлиненія или укороченія сооружений, постройки дополнительныхъ и разборки и сноса вредныхъ. Лучшимъ указаніемъ степени выправленности, какъ я уже говорилъ, можетъ служить отношеніе наибольшихъ къ наименьшимъ глубинамъ на плесахъ и перемелахъ, а также и сравненіе между собою глубинъ на самыхъ перемелахъ до и послѣ произведеннаго выправленія. Строительная механика учитъ насъ давать каждой части даже очень сложныхъ сооружений одну и ту-же прочность, между тѣмъ какъ ни измышленныя формулы приверженцевъ водостѣсенія, ни долготная ихъ практика въ регуляціонныхъ работахъ не дали намъ до сего времени указаній, какъ достигъ, хотя-бы приблизительно, одинаковыхъ глубинъ на всѣхъ перемелахъ или перевалахъ выправляемаго участка. А безъ того мы производимъ лишнія работы, т. е. затрачиваемъ безсознательно лишнія средства и производимъ лишнія углубленія, вредно отзывающіяся на сосѣднихъ болѣе мелкихъ мѣстахъ, вслѣдствіе чего показатель выправленности рѣки, т. е. отношеніе между наибольшими и наименьшими глубинами наврядъ-ли уменьшается, а увеличеніе наименьшихъ глубинъ на меляхъ идетъ впередъ очень туго. Развѣ позволительно при всемъ этомъ утѣшаться кажущимися большими успѣхами выправительныхъ работъ заграницею и у насъ. Развѣ позволительно инженеру оставаться въ этомъ громадной важности дѣлѣ углубленія водныхъ путей въ безсознательной роли ремесленника.



Пассажирамъ, публикѣ свойственно удивляться и приписывать искусству заграничныхъ инженеровъ тѣ удобства, безпрепятственность, срочность пароходныхъ сообщеній, которыя они видятъ на западныхъ и шлюзованныхъ рѣкахъ, послѣ поѣздокъ по нашимъ, невыправленнымъ рѣкамъ, намъ-же, полагаю, ранѣе удивленій слѣдовало-бы, не ограничиваясь осмотрами съ пароходовъ, изучать на подробныхъ планахъ достигнутые результаты и сопоставлять ихъ съ потраченными на нихъ средствами и временемъ, а также сообразить, чего еще можно достичь, оставивъ шаблонные, безсознательные приемы выправленія. Тогда-бы мы увидѣли, что наименьшія глубины на меляхъ далеко неодинаковы, что фарватеръ во многихъ мѣстахъ располагается совершенно несоотвѣтственно трассѣ, что ниже углубленныхъ мѣстъ явились новыя обмелѣнія, что обнаружилось пониженіе горизонта, особенно вредное для сопрягающихся съ свободными рѣками шлюзованныхъ путей и проч.

Но если, къ сожалѣнію, нельзя еще признать въ дѣлѣ выправленія рѣкъ особаго искусства у заграничныхъ инженеровъ, то чему же удивляться на благоустроенныхъ западныхъ рѣкахъ, можетъ быть накопленнымъ богатствамъ страны, т. е. сбереженному запасу труда, развитію культуры и проч. Если сравнимъ нашу бѣдность, малонаселенность, неразвитость народа, громадное протяженіе сѣти нашихъ рѣкъ, ихъ значительные размѣры, если сравнимъ стоимость матеріаловъ и рабочихъ рукъ у насъ и за границую, если сравнимъ то, что у насъ дѣлается по выправленію многихъ мѣстъ на Днѣпрѣ и его притокахъ и что дѣлается за границею, то по всей вѣроятности окажется, что мы жертвуемъ для нашихъ рѣкъ больше, чѣмъ удѣляютъ на заграничныя рѣки богатые европейскія государства, а причина этого заключалась главнымъ образомъ въ недостаточномъ за границею довѣріи общества и даже техниковъ къ системѣ выправленія рѣкъ.

Если обратитесь къ исторіи регулированія каждой рѣки, то увидите повтореніе сказки про бѣлаго бычка. Задали себѣ извѣстную глубину, вычислили нормальную ширину, составили смѣту, стали работать. Деньги истратили, заданной глу-



бины далеко не достигли, стали составлять новый проект, новую смѣту, и затѣмъ пошло по прежнему.

Ясно, что такими приѣмами довѣрія возбудить нельзя. Признаю и увѣренъ, что все участники выправленія и составители проектовъ и исполнители никакого злого умысла не имѣли, поступали по доброму намѣренію, вполнѣ добросовѣстно, но виновны въ одномъ только, въ довѣріи къ водостѣпнительной системѣ, которая казалась имъ столь простою. Въ такомъ видѣ шло выправленіе западныхъ рѣкъ, что-же сказать про наши русскія работы. Нареканій на нихъ было много, многія изъ послѣднихъ были крайне преувеличены, многія-же имѣли и долю правды, а иногда и много правды. Пользуясь приложеннымъ къ докладу планомъ (листъ III), скажу про свои работы Днѣпровскія около Кіева, которыя почитаются вполнѣ удавшимися. Работы эти были произведены въ періодъ времени съ 1886 по 1892 годъ и имѣли цѣлью главнымъ образомъ снести песчанія косы, закрывавшія доступъ къ правому городскому берегу на протяженіи БЕ. Полузапруды, построенныя у лѣваго берега вверхъ отъ пункта Ж, сдѣлали свое дѣло, и по глубинамъ, показаннымъ на планѣ, можно видѣть, что Кіевская пристань сдѣлалась вполнѣ удобна и доступна для причала судовъ на всемъ своемъ протяженіи. Полузапруды № 13, расположенная непосредственно ниже пункта Ж, уже не отклоняетъ теченія, воду не ведетъ, а находится въ районѣ расходящагося теченія. Голова полузапруды прикрыта уже подводною песчаною косою, которая затѣмъ, широко раскидываясь влѣво и внизъ по теченію, обращается въ надводную косу, отдѣляющую отъ русла головы всехъ устроенныхъ здѣсь полузапрудъ. Эти песчанія отложенія указываютъ убѣдительно, что все пять полузапрудъ, расположенныхъ ниже пункта Ж, не участвовали въ направленіи теченія на размывъ песчаныхъ косъ у Кіевского берега, и слѣдовательно постройка ихъ съ этою цѣлью была совершенно излишня.

Кромѣ указанной цѣли—углубленія городской пристани, тѣми-же сооружеженіями, полузапрудами, расположенными у противоположнаго городу выпуклаго берега имѣлось въ виду



предохранить сей послѣдній отъ размывовъ весеннею водою, которая прорѣзывала въ корнѣ косы близь крутого берега, углубленіе въ видѣ продольнаго протока, показаннаго на планѣ. Однако укрѣпленіе берега можно было сдѣлать или береговою обдѣлкою, или короткими струеотбойными плотинками, а потребность запруженія бокового весенняго протока для недопущенія въ него меженней воды прекратилась послѣ отклоненія сей послѣдней къ городскому берегу. Такимъ образомъ оказывается, что никакой надобности въ длинныхъ полузапрудахъ не было; спрашивается, для чего-же ихъ строили. Ну, конечно, для того, чтобы заполнить пустое пространство между берегомъ и трассою. Безъ непрерывныхъ двухъ береговыхъ линій нельзя было составить проекта. Онъ составлялся мною въ 1882 и 83 годахъ, т. е. больше 20 лѣтъ тому назадъ, тогда-же былъ одобренъ Министерствомъ и вскорѣ въ томъ-же видѣ исполненъ. Могутъ сказать, чтожъ за бѣда, что нѣсколько сооружений сдѣлали длиннѣе, чѣмъ можно было ихъ сдѣлать; лучше израсходовать лишнюю сумму, лишьбы быть увѣреннымъ въ достиженіи заданной цѣли. Не могу согласиться съ такимъ взглядомъ, такъ какъ подобные лишніе расходы, какъ въ данномъ случаѣ постройка пяти полузапрудъ, должны весьма чувствительно вліять на стоимость выправительныхъ работъ; но тутъ, около Кіева, дѣло идетъ не объ излишнихъ только расходахъ, но о томъ вредѣ для русла и для берега, который вызвали указанные 5 полузапрудъ. Для защиты берега отъ размыва весеннею водою пришлось расположить корни сооружений на высотѣ гребня берега, хотя и заливаемаго, но довольно высокаго, и затѣмъ гребень сооружений постепенно понижать въ сторону русла до высоты меженнаго горизонта. При такихъ обстоятельствахъ полузапруды произвели довольно значительный подпоръ переливающихся черезъ нихъ высокихъ водъ и тѣмъ отклонили ихъ еще болѣе въ сторону вогнутаго городского берега, т. е. къ сбою у него меженней воды прибавили и сбой высокой воды. Выше я уже говорилъ, насколько невыгодно совмѣщать меженнее русло съ весеннимъ. Кіевскія работы подтвердили это: у городского берега размывъ высокою водою съ каждымъ го-



домъ увеличивается, русло углубляется, скорость весенняго теченія уже возросла до того, что суда съ трудомъ удерживаются на якоряхъ. Для защиты берега отъ удара воды, выдвинута внизъ по теченію оконечность фашинной стрѣлки, отдѣляющей рѣку отъ гавани, и кладутся вдоль городского берега фашинные туюяки. Русло настолько углубилось, что при низкихъ горизонтахъ представляетъ собою ленту, которая своею узостью очень стѣсняетъ отправленія судоходства у Кіевскихъ пароходныхъ пристаней, къ которымъ приходитъ и отходитъ ежегодно множество пароходовъ. Имъ трудно разминовываться и невозможно сдѣлать оборота. Гдѣ-же виновные? Мы никакъ не можемъ признать таковыми себя, ибо съ нашей стороны ни злой воли, ни небреженія къ дѣлу не было, мы и проектъ составляли и работы исполняли добросовѣстно въ то время, когда вѣрили въ то, чему насъ учили. Стало быть, виноваты принципы прежней выправительной системы съ ея двухлинейною, стѣсняющею русло, трассою. Въ дѣйствительности, если-бы мы не чертили совсѣмъ трассы лѣваго выпуклага берега ниже пункта Ж, то нашъ проектъ признали-бы небрежно составленнымъ и заставили-бы его дополнить. Значитъ въ неуспѣхахъ и въ неудачахъ прежнихъ выправительныхъ работъ виноваты не отдѣльные лица, а одно только традиціонное, ремесленное правило—стѣснять русло съ обоихъ береговъ по двумъ почти параллельнымъ линіямъ, безсознательно, шаблонно прочерчивая ихъ на планахъ и безсознательно осуществляя такую трассу на дѣлѣ.

Изъ изложеннаго можно усмотрѣть, насколько далеки отъ совершенства тѣ немногія выправительныя работы, которыя признаются вполнѣ удавшимися, а что-же сказать про многія другія работы, встрѣчавшія нерѣдко жалобы судоходцевъ и общественное неудовольствіе.

Въ заключеніе моего доклада считаю небезынтереснымъ привести краткія свѣдѣнія, относящіяся къ эволюціи въ системѣ углубленія рѣкъ за мое время и съ нѣкоторымъ моимъ участіемъ.

Сильный толчекъ къ уясненію и признанію вредныхъ послѣдствій для судоходства отъ примѣненія водостѣснитель-



ной системы регулированія рѣкъ дали результаты работъ на р. Ронѣ во Франціи въ шестидесятыхъ годахъ прошлаго столѣтія. Для изслѣдованія ихъ была спеціальная коммиссія (Commission d'enquete), которая, согласно подробному и обстоятельно мотивированному докладу инженера Кранца, пришла къ тому заключенію, что система регулированія рѣкъ, основанная на принципѣ суженія русла, совершенно непригодна для рѣкъ горнаго характера, къ числу которыхъ принадлежитъ и р. Рона. Послѣ этого, какъ и слѣдовало ожидать, инженеръ Жаке, завѣдывавшій регуляціонными работами на Ронѣ, оставаясь вѣренъ своей системѣ и изобрѣтая новыя дополнительныя регуляціонныя сооруженія, составилъ полный проектъ регулированія Роны отъ г. Ліона до устья. Особенно рьянымъ и серьезнымъ противникомъ инженера Жаке выступилъ инженеръ Паско, также служившій на р. Ронѣ и изучавшій результаты выправительныхъ на ней работъ. По его заключенію произведенныя до того времени работы испортили русло Роны, и ихъ слѣдовало прекратить, дѣйствительнаго-же улучшенія состоянія рѣки можно достигнуть однимъ лишь шлюзованіемъ. Статья инженера Паско была переведена и помѣщена въ Журналъ Министерства Путей Сообщенія въ восьмидесятыхъ годахъ покойнымъ инженеромъ Ширяевымъ.

Приблизительно въ то-же время, а также и позднѣе того, много писалось противъ производившихся регуляціонныхъ работъ въ Германіи, при чемъ въ полемикѣ принимали участіе и довольно видные авторитеты, въ томъ числѣ и завзятый сторонникъ выправительныхъ работъ, извѣстный профессоръ Шлихтингъ. Нападки были почти тѣ-же, что и во Франціи, т. е. указывалось на недостаточность регулированія для достиженія заданной глубины, дороговизна работъ и нежелательные вредные результаты, ухудшившіе въ нѣкоторыхъ отношеніяхъ прежнее состояніе рѣкъ. Защита старалась сузить эти дурныя послѣдствія, выставляла на видъ достигнутое углубленіе и главнымъ образомъ опиралась на то, что, дескать, работы еще далеко не закончены.

У насъ въ Россіи также появились отклики заграничной критики системы регулированія рѣкъ, и случилось это въ



1883 году по слѣдующему поводу. Послѣ послѣдней турецкой войны было обращено вниманіе на улучшеніе р. Припяти по той причинѣ, что въ то время не существовало еще Полѣсскихъ дорогъ, и Днѣпровско-Бугская водная система съ р. Припятью представляла собою путь сообщенія между г.г. Брестомъ и Кіевомъ, удаленный и закрытый болотами отъ западной границы. Улучшеніе началось посредствомъ широко поведенной очистки русла отъ множества карчей и посредствомъ приступа къ уничтоженію Чернобыльской мели, извѣстной въ то время, какъ наиболѣе мелководной и затруднительной на всемъ Днѣпровскомъ бассейнѣ. Миѣ, инженеру почти со школьной скамьи, пришлось и составлять проектъ, и выполнять работы. Главная Чернобыльская мель была снесена посредствомъ двухъ параллельныхъ дамбъ, но непосредственно ниже ея сложились наносы, которые сдѣлали состояніе прежнихъ, второстепенныхъ мелей настолько плохимъ, что, казалось, никакого улучшенія не послѣдовало. Въ это время нѣкоторые энергичныя лица, стоявшія во главѣ Общества пароходства по Днѣпру и его притокамъ, возымѣли желаніе образовать акціонерное общество для шлюзованія р. Припяти, имѣя въ виду, конечно, монополизацию пароходной и судоходной дѣятельности и субсидій. Къ тому-же времени появились печатныя брошюры инженера Яницкаго, собравшаго изъ заграничныхъ источниковъ довольно богатый матеріалъ противъ регулированія рѣкъ. По почину покойнаго Начальника Кіевского Округа Путей Сообщенія Инженера Головачева въ открывшемся около того времени Собраніи Инженеровъ Путей Сообщенія состоялось нѣсколько многочленныхъ засѣданій, въ которыхъ инженерами Гнусинымъ, Лохтинымъ и мною были сдѣланы доклады, а въ преніяхъ приняли участіе еще Начальники Округовъ Инженеры Августовскій, Эйдригевичъ и Головачевъ. Обстоятельный докладъ противъ регулированія и въ пользу шлюзованія, основанный почти цѣликомъ на заграничныхъ подобныхъ-же сочиненіяхъ, былъ сдѣланъ инженеромъ Гнусинымъ, а обстоятельное освѣщеніе вопроса, хотя и одностороннее, въ пользу регулированія было



сдѣлано инженеромъ Лохтинымъ, оказавшимся при этомъ довольно узкимъ водостѣснительникомъ.

Практика производства работъ на р. Приняти дала мнѣ въ то время увѣренность въ томъ, что между теоретическою гидравликою и дѣйствительнымъ теченіемъ рѣкъ въ естественномъ ихъ состояніи большая разница, что равномернаго теченія въ рѣкахъ не существуетъ, но я вѣрилъ, что выправленіе должно стремиться къ осуществленію его по мѣрѣ возможности искусственными сооружениями, при чемъ весьма быстрое перемѣщеніе наносовъ и переформированіе русла, производимыя регуляціонными сооружениями, указали мнѣ въ нихъ могучее средство для достиженія желаемыхъ результатовъ. Я сознавалъ, что нужно только постигнуть суть дѣла, т. е. механизмъ воздѣйствія сооружений на отклоненіе рѣчного теченія, чтобы достигнуть вѣрнымъ путемъ намѣченной цѣли. Однако при этомъ недоставало фактовъ для обобщеній, и потому приходилось довольствоваться только гадательными предположеніями, чтобы временно примирять традиціонныя допущенія съ наблюдаемыми явленіями. Такъ напримѣръ, судя по поверхностнымъ наблюденіямъ надъ движеніемъ водъ, я не допускалъ параллельности рѣчныхъ струй въ невыправленномъ руслѣ и вмѣстѣ съ тѣмъ надѣялся и даже былъ увѣренъ, что достигну струенаправляющими сооружениями упорядоченія теченія, которое вмѣстѣ съ тѣмъ получить расположеніе, близкое къ параллелеструйному. Такое направленіе теченія представлялось мнѣ радикальнымъ средствомъ для улучшенія нашихъ рѣкъ. Постепенная практика составленія проектовъ выправленія убѣдила меня въ томъ, что не существуетъ формулъ для опредѣленія такъ называвшейся нормальной ширины русла, и что удавшіеся будто-бы способы такихъ расчетовъ представляютъ собою результатъ произвольнаго подбора коефициентовъ, дающихъ результаты, подходящіе къ дѣйствительной ширинѣ русла, существующей поблизости подлежащаго улучшенію пункта.

Возвращаясь къ указаннымъ дебатамъ въ Собраніи Инженеровъ, нужно сказать, что тогдашніе нападки на регуляціонную систему улучшенія рѣкъ и предложенное примѣненіе



шлюзованія потерпѣли у насъ полное фіаско по слѣдующимъ причинамъ: 1) Критиковаль выправленіе хотя и энергично, но единолично одинъ инженеръ Гнусинъ, а оппонентовъ у него было много и притомъ, по тому времени, довольно авторитетныхъ. 2) Р. Припять, къ которой предлагалось примѣнить шлюзованіе, какъ разъ, по своему характеру, очень мало къ этому пригодна. При слабомъ паденіи (около 0,03 с. на версту) и большой, мѣстами до 15 верстъ, ширинѣ разлива, она потребовала-бы постройки массы высокихъ запрудъ черезъ многочисленныя старорѣчья, рукава и заливы и очень длинныхъ подпорныхъ дамбъ. Разливомъ подпорной воды были-бы залиты населенныя мѣста и угодыя, заболочена мѣстность и безъ того болотистая, нуждающаяся, напротивъ, въ осушкѣ и проч., 3) Для постепеннаго производства работъ правительственныхъ требовались небольшія средства, а для выполнения шлюзованія необходимы были сразу миллионныя затраты и, наконецъ, 4) Наше Правительство всегда весьма благоразумно уклонялось отъ монополизациі водяныхъ путей сообщенія.

Вслѣдъ за тѣмъ Вѣдомство Путей Сообщенія начало въ размѣрѣ небольшихъ, отпускавшихся ему средствъ, производить незначительныя работы въ разныхъ мѣстахъ на рѣкахъ Днѣпрѣ, Волгѣ, Вислѣ, Припяти, Сожѣ, Деснѣ и даже на р. Днѣстрѣ, не смотря на то, что сія послѣдняя рѣка по своему характеру, напоминающему отчасти характеръ горныхъ рѣкъ, природою предназначена исключительно къ шлюзованію.

Продолжая затѣмъ работы на р. Припяти, я сталъ давать трассѣ очертаніе согласно предположеніямъ инженера Фарга, т. е. дѣлать на перегибахъ оба берега выпуклые, а въ кривыхъ частяхъ значительныя уширенія русла, но результаты получились неудовлетворительныя: перемелы спустились съ перегибовъ въ кривыя части, почти до вершинъ вогнутыхъ береговъ. Затѣмъ, постепенно измѣняя очертаніе ведущихъ воду береговъ, мнѣ удалось, какъ выше было описано, выработать почти оцупью тѣ правила построенія ведущихъ воду береговъ, которыя въ этомъ докладѣ объяснены, исходя изъ закона расположенія внутреннихъ перемѣщеній



въ движущейся массѣ жидкости. Тогда-же для повѣрки важнаго значенія выступовъ верхнихъ частей выпуклыхъ береговъ мною были внимательно пересмотрѣны изданные Министерствомъ Путей Сообщенія подробные планы Днѣпра, и общность моихъ выводовъ вполне подтвердилась.

Въ 1892 году въ докладѣ Съѣзду гидротехниковъ мною были сдѣланы довольно подробныя объясненія по этому предмету и представлены сравнительные планы постепенно выработанныхъ перегибовъ русла (страница 515 трудовъ этого съѣзда). Тогда же коммисія, занимавшаяся составленіемъ инструкции производства исправительныхъ работъ, которой я имѣлъ честь быть докладчикомъ Съѣзду, внесла въ эту инструкцію указаніе относительно развитія окончностей вогнутыхъ береговъ и выступовъ въ русло верхнихъ частей выпуклыхъ береговъ. Оставалось объяснить причины подобной зависимости между глубинами и очертаніемъ сказанныхъ частей выпуклыхъ береговъ, и съ этою цѣлью я воспользовался массою производившихся мною наблюденій надъ расположеніемъ рѣчныхъ струй посредствомъ поплавковъ и изслѣдованій измѣненій на сравнительныхъ планахъ. Изучая расположеніе траекторій поплавковъ, мнѣ наконецъ удалось въ концѣ 1892 года установить законъ о непараллельности струй и двоякаго рода ихъ расположенія: сходящагося на фарватерѣ и расходящагося на меляхъ. Затѣмъ для повѣрки зависимости между явленіями въ области движенія рѣчного потока и установленія законовъ, ими управляющихъ, производились новыя измѣренія построеннымъ спеціально для этого приборомъ, результаты коихъ рассмотрѣны въ этомъ докладѣ.

Соглашаясь съ моими выводами на Съѣздахъ и одобряя мои дальнѣйшія занятія, большинство инженеровъ продолжали на практикѣ оставаться вѣрными своимъ традиціоннымъ водостѣпнительнымъ взглядамъ, что главнымъ образомъ можно объяснить консерватизмомъ дѣятелей практиковъ; не мало однако содѣйствовалъ тому-же пріемъ суженія русла, твердо установленный въ нашемъ вѣдомствѣ покойнымъ Инженеромъ Зброжекомъ, бывшимъ и Управляющимъ Отдѣломъ Водяныхъ



Сообщений въ Министерствѣ Путей Сообщенія и преподавателемъ въ Институтѣ Инженеровъ Путей Сообщенія.

Чтобы поколебать отжившія, ложныя и вредныя, водостѣснительныя традиціи и заставить Г.г. инженеровъ возможно глубже вникнуть въ разсмотрѣніе предмета, я сдѣлалъ на Съѣздѣ дѣятелей по водянымъ путямъ 1895 года докладъ о работахъ на р. Днѣпрѣ у г. Александровска, при чемъ поставилъ не тезисы для обсужденія ихъ, а прямой вопросъ Съезду „можно-ли посредствомъ одного водостѣсненія достигнуть выправленія русла?“ Изъ практики Съѣздовъ я зналъ, что присоединеніе Съѣзда къ какому либо положенію достигается иногда легко, но затѣмъ Съѣздъ въ другомъ случаѣ по чисто конкретнымъ, т. е. зависящимъ отъ обстоятельствъ этого случая причинамъ, можетъ присоединиться къ совершенно противоположному положенію.

Работы на р. Днѣпрѣ, производившіяся въ прошлое десятилѣтіе, имѣли цѣлью снести песчаныя косы, прикрывавшія лѣвый слабо вогнутый берегъ на Нижнемъ Днѣпрѣ близъ г. Александровска, и такимъ образомъ открыть доступъ судамъ къ Александровскимъ пристанямъ и въ устраивавшуюся Правительствомъ рѣчную гавань.

По правилу—гдѣ узко, тамъ и глубоко, былъ составленъ проектъ выправленія этого мѣста посредствомъ постройки длинныхъ полузапрудъ отъ противоположнаго выпуклаго берега, значительно стѣснившихъ теченіе, но сноса косъ не послѣдовало, онѣ еще гуще слились, поднялись въ высоту и совсѣмъ на нѣсколько верстъ закрыли лѣвый вогнутый берегъ, а у головъ возведенныхъ полузапрудъ у противоположнаго выпуклаго берега образовались глубокія вымоины.

Я произвелъ подробное изслѣдованіе расположенія поверхностныхъ струй теченія посредствомъ поплавковъ, какъ на мѣстѣ, подлежавшемъ выправленію, такъ и нѣсколько верстъ выше. Оказалось, что вслѣдствіе раздѣленія теченія на вышележащемъ перегибѣ русла къ вогнутому берегу направляется лишь только часть расхода и, не имѣя возможности при слабомъ развитіи кривизны берега удержаться у него, растекается и отлагаетъ косы. Представляя свой про-



ектъ исправленія трассы ведущаго воду праваго берега, я доказывалъ, что для размыва косъ необходимо не стѣснять русло, а достигнуть сходящагося сбойнаго теченія на мѣстѣ ихъ расположенія, перехвативъ и направивъ сюда потокъ воды, уклонившейся къ выпуклому берегу, при чемъ проектированныя мною для этого струенаправляющія сооруженія были расположены точно по струераздѣлу, обнаружившемуся на планѣ, изображавшемъ траекторіи поплавокъ.

Исполненныя затѣмъ въ послѣдующихъ годахъ по этому проекту работы достигли полного сноса песчаныхъ косъ на всемъ протяженіи Александровскихъ пристаней.

Не смотря на очевидную несообразность примѣненія въ данномъ случаѣ водостѣсненія, я встрѣтилъ продолжительныя возраженія отъ покойнаго Зброжека, а также многочисленныя возраженія и отъ многихъ другихъ инженеровъ. Тѣмъ не менѣе, по выслушаніи моихъ разъясненій на всѣ эти возраженія Съѣздъ далъ такой отвѣтъ на поставленный мною вопросъ: одно водостѣсненіе недостаточно для выправленія русла, для этого нужны еще струенаправляющія сооруженія. Кромѣ того Съѣздъ призналъ, что для правильнаго рѣшенія вопросовъ выправленія рѣкъ весьма полезны и желательны изслѣдованія расположенія рѣчныхъ струй по способу, подобному мною приведенному.

Такой отвѣтъ выражаетъ значительное и сознательное уклоненіе отъ традиціонной системы стѣсненія русла и знаменуетъ собою эпоху въ эволюціи принциповъ выправленія рѣкъ. На большее тогда я не могъ рассчитывать, я не имѣлъ еще данныхъ, фактовъ, изслѣдованій, которые-бы дали мнѣ опору, какъ теперь, настаивать на полномъ отверженіи стѣсненія русла съ цѣлью углубленія рѣки.

Не буду останавливаться на послѣдней стадіи эволюціи системы улучшенія рѣкъ, на землечерпаніи, о чемъ, я полагаю, достаточно говорилъ въ первой части доклада. Поборники и защитники этого способа, какъ кореннаго средства углубленія, были правы во многихъ своихъ нападкахъ на выправленіе, но они проиграли уже и не могли не проиграть сраженія, во-первыхъ, утрируя недостатки послѣдней систе-



мы, допуская даже полную ея непригодность и утверждая, во-вторыхъ, что замѣнить эту систему въ состояніи одно лишь систематично производимое землечерпаніе.

Всѣмъ намъ памятенъ еще споръ на нашихъ Съѣздахъ и почти всеобщее недовольство общества и волжскихъ судоходцевъ противъ стоившихъ нѣсколько милліоновъ выправительныхъ работъ на р. Волгѣ, послѣ чего дальнѣйшій отпускъ ассигнованій на эти работы прекратился, и когда начнутся серьезныя работы по выправленію Волги, неизвѣстно; нынѣшняя война еще болѣе можетъ ихъ отсрочить. Такимъ образомъ есть достаточно времени для того, во-первыхъ, чтобы забыть, разстаться навсегда съ устарѣлыми традиціями водостѣсненія и приступить вновь къ дѣлу исполнѣ сознательно. Прогрессъ въ дѣлѣ выправленія рѣкъ, какъ и во всякомъ другомъ, возможенъ только при встрѣчѣ, перекрещеніи мнѣній, (*choc des opinions*), а потому никакъ не позволительно поручать составленіе милліонныхъ проектовъ лишь только однимъ мѣстнымъ техникамъ, а необходимо назначать возможно широкіе конкурсы, публикуя планы и профили, снятыя по подробнымъ новымъ изысканіямъ, и притомъ не на отдѣльныхъ мелкихъ мѣстахъ, но на большихъ участкахъ рѣкъ, захватывающихъ непрерывно нѣсколько перемеловъ и плесовъ между ними. Необходимо на частяхъ рѣкъ, подлежащихъ углубленію посредствомъ выправленія, установить водомѣрные рейки въ стро-го обдуманыхъ разстояніяхъ между собою и производить на нихъ непрерывныя наблюденія въ навигаціонное время. Наконецъ необходимо установить наиболѣе характерный, наиболѣе присущій критическому въ судоходномъ отношеніи состоянію рѣки, горизонтъ воды и стараться производить изслѣдованія русла и теченія при горизонтахъ, по возможности близкихъ къ установленному. Всего этого за малыми исключеніями не было дѣлаемо прежде, при чемъ по шаблонному правилу о плавности кривыхъ на планы наносилась колбасоподобная трасса, и, ничтоже сумняшеся, затрачивались большія суммы на выполненіе столь шаблонно составленныхъ проектовъ. Несомнѣнно такой порядокъ суженія рѣчного русла отошелъ въ вѣчность, а вмѣстѣ съ нимъ должна значительно



уменьшиться и неопредѣленность въ смѣтной стоимости, такъ какъ экспертная комиссія при разсмотрѣннн разныхъ проектовъ неминуемо обратитъ вниманіе на то, насколько достаточно запроектировано сооруженій разными составителями проектовъ для достиженія намѣченныхъ ими цѣлей, и на то, насколько достаточно взяты предѣлы выправленія теченія для углубленія русла и для избѣжанія новыхъ обмелѣній ниже и выше выправляемыхъ участковъ. Несомнѣнно, экспертная комиссія, составленная, не стѣсняясь расходами на приглашеніе многихъ инженеровъ и практиковъ, и теоретиковъ, нашихъ и заграничныхъ, будетъ въ состоянн разобратъ среди представленныхъ проектовъ и, если не остановится на какомъ либо одномъ изъ нихъ, выберетъ элементы изъ разныхъ, которые могутъ быть предложены для новаго конкурса, и такъ далѣе. Но повторяю, вреднѣе всего для живого дѣла было и можетъ повторяться въ будущемъ вліяніе отдѣльныхъ лицъ, и потому, во-первыхъ, составленіе большихъ проектовъ, нужно полагать, будетъ предоставлено конкурсу, а обсужденіе экспертнымъ комиссіямъ, выбираемымъ изъ разныхъ техническихъ учреждений, главнымъ образомъ, конечно, изъ представителей Водяного Управленія, отчасти отъ Инженернаго Совѣта и, быть можетъ, отъ Техническаго Общества. Такое дальнѣйшее движеніе въ эволюціи углубленія рѣкъ можно предвидѣть или по крайней мѣрѣ желать у насъ въ Россіи, что-же касается заграницы, то тамъ можно предвидѣть слѣдующія побужденія къ прогрессу въ этомъ дѣлѣ.

Я увѣренъ, что рано-ли, поздно-ли, желѣзныя дороги, даже электрическія, достигнутъ того крайняго напряженія пассажирскаго и товарнаго движенія, когда вслѣдствіе громаднаго количества узловыхъ пунктовъ и массы грузовъ, предъявляемыхъ къ перевозкѣ, окажется необходимымъ послѣдніе, во что-бы то ни стало, передавать на водяные пути, грузоподъемность коихъ, въ особенности естественныхъ путей, почти неограниченна. Тогда нельзя уже будетъ довольствоваться полученіемъ разнообразныхъ глубинъ на разныхъ перекатахъ, поэтому тогда инженеры съ особой энергіей займутся вопросомъ о повсемѣстномъ достиженн той наибольшей



глубины, которую можетъ дать данная рѣка или выправляемый большой участокъ рѣки. Тогда, нужно полагать, откажутся отъ дальнѣйшаго углубленія посредствомъ выправленія такихъ рѣкъ отчасти горнаго характера, какъ Рона, и примѣнять для достиженія желаемыхъ глубинъ—шлюзование, а съ другой стороны для дальнѣйшаго углубленія считавшихся выправленными, многоводныхъ и медленно текущихъ рѣкъ приступать къ перестройкѣ трассы. Масса исполненныхъ за границею выправительныхъ работъ, распространенныхъ на большія протяженія рѣкъ, дадутъ хорошую практику для детального изученія переформированія русла подъ влiянiемъ разборки и сноса нѣкоторыхъ частей существующихъ сооружений и возведенія новыхъ. Затѣмъ въ выигрышъ можемъ оказаться мы, русскiе, которые такъ мало регулировали рѣки въ періодъ незнанія законовъ движенія воды и господства водостѣпительной системы.

Милостивые Государи, цѣль моего сегодняшняго доклада, или скорѣе сообщенія, заключалась въ томъ, чтобы, пользуясь представленною Вамъ Инженеромъ Акуловымъ моделью, сообщить о тѣхъ наблюденiяхъ и выводахъ, кои пришлось мнѣ за послѣднiе годы много разъ обдумывать, а изложить удалось только теперь въ послѣднее время. Я хотѣлъ расположить Васъ въ пользу объективнаго, точнаго изученія явленiй въ жизни рѣчнаго потока, дабы сдѣлать результаты такихъ изученiй общимъ достоянiемъ для развитiя нашихъ знанiй въ области гидротехники, а горизонтъ ея примѣненiя, какъ я говорилъ, очень широкъ и на западѣ, гдѣ богатство даетъ возможность перестройки трассы, и у насъ, гдѣ къ выправленiю рѣкъ почти не приступалось. Увѣренъ, что, коснувшись въ сегодняшнемъ сообщенiи многихъ интересныхъ для насъ всѣхъ вопросовъ и высказавшись и за, и противъ разныхъ противоположныхъ мнѣнiй, я вызову много между Вами сочувственныхъ отзывовъ по разнымъ предметамъ, вызову также много и возраженiй отъ лицъ, не успѣвшихъ за краткостью времени ознакомиться съ предметомъ доклада, можетъ быть вызову и неудовольствiе нѣкоторыхъ, ибо бороться съ традицiями не легко. Между тѣмъ нѣтъ ничего хуже для дѣ-

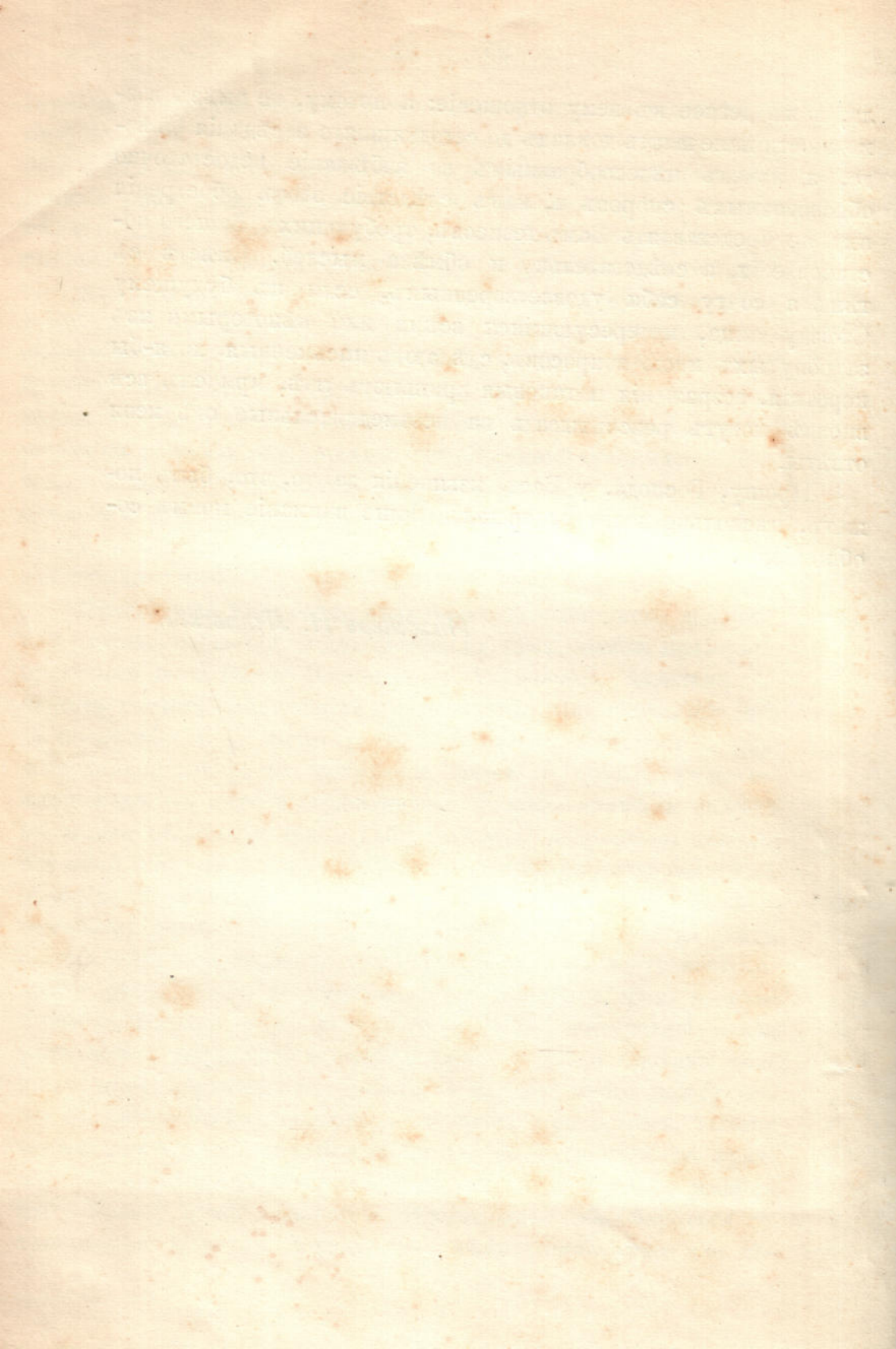


ла, какъ легкое къ нему отношеніе; а потому, не имѣвъ возможности напечатать докладъ до сегодняшняго засѣданія Съѣзда, я почелъ цѣлесообразнымъ во избѣжаніе недостаточно обоснованныхъ споровъ и, какъ слѣдствіе этого, обостренія ихъ не представлять Вамъ тезисовъ, требующихъ Вашего постановленія, а слѣдовательно и обмѣна мыслей. Вмѣстѣ съ тѣмъ я сочту себя удовлетвореннымъ, если къ будущему Съѣзду лица, интересующіяся всѣми или нѣкоторыми изъ затронутыхъ мною вопросовъ, сдѣлаютъ письменныя, хотя-бы короткія, возраженія и таковыя пришлютъ мнѣ, причемъ всѣ вопли могутъ рассчитывать на незамедлительныя отъ меня отвѣты.

Прошу, Господа, у Васъ извиненія за то, что, быть можетъ, нѣсколько долго задержалъ Ваше вниманіе моимъ сообщеніемъ.

*Инженеръ Н. Лелявскій.*





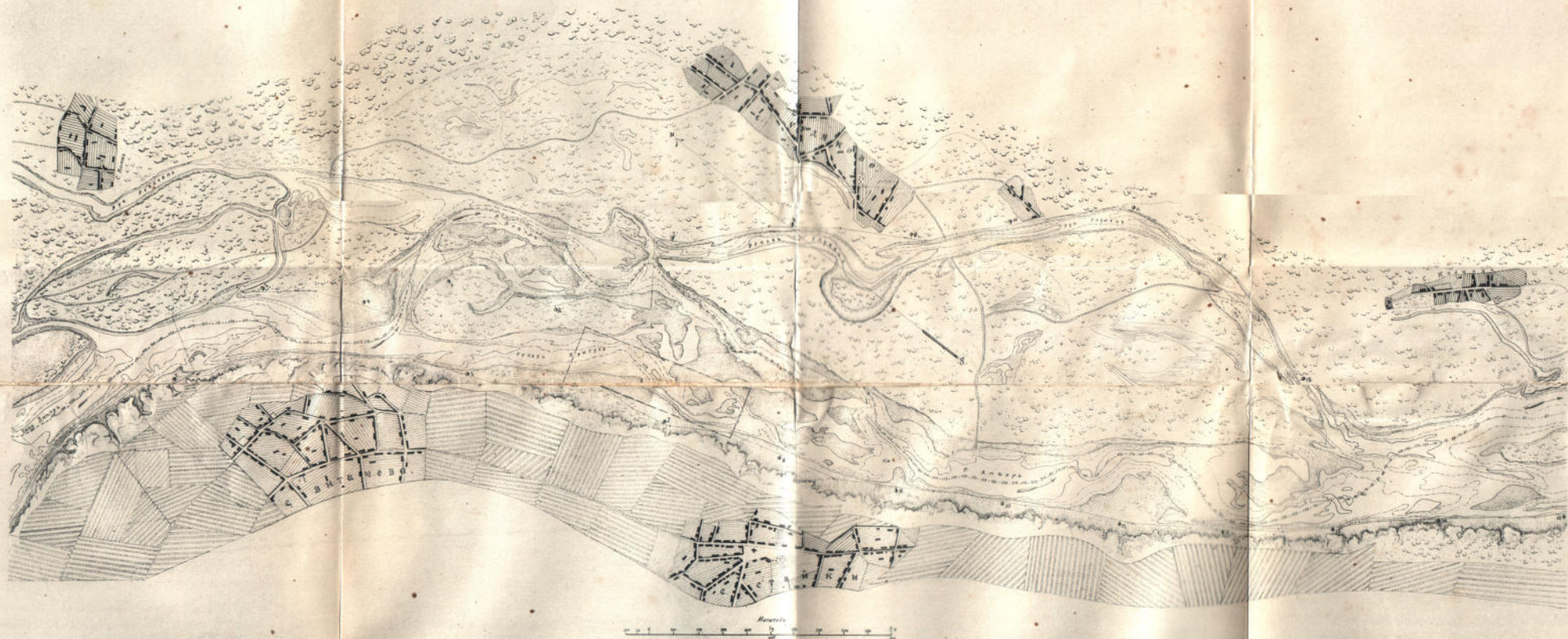


# Планъ Р. ДИБРА

У СЕЛЪ РУДЯКИ И СТАЙКИ.

Изъ изслѣдываній 1895 года

Спикетъ составленъ въ тридцатую 1890 по вѣдѣнному району  
Александровскаго уѣзда.





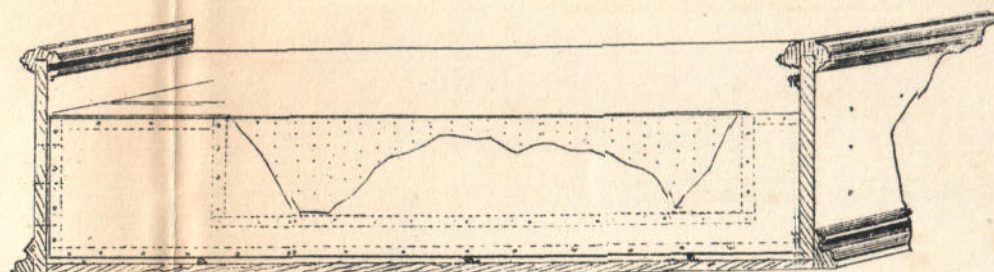
Къ докладу Инженера Леявскаго.

Листъ III.

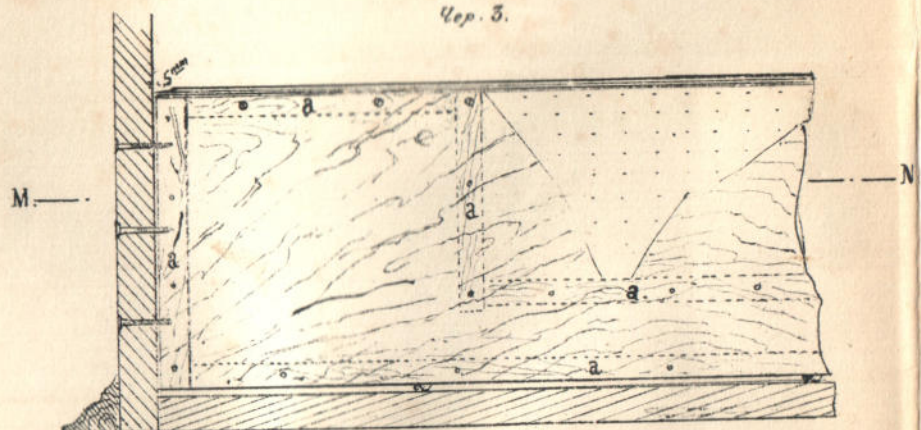
Чер. 2.



Чер. 1.



Чер. 3.

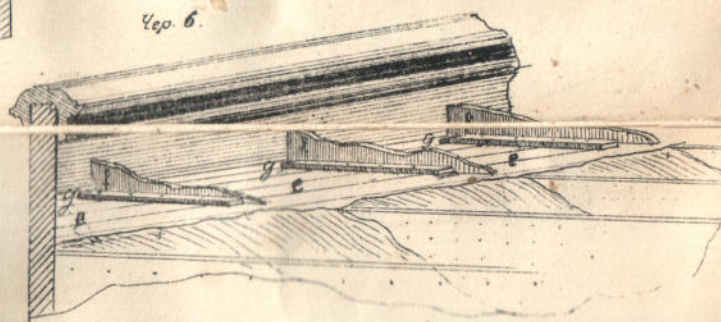


010 005 008 007 006 005 0 010 020<sup>c</sup>

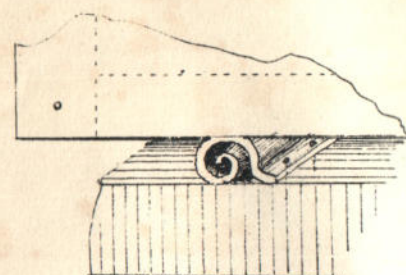
Разр. по MN.



Чер. 6.



Чер. 4.



Чер. 5.





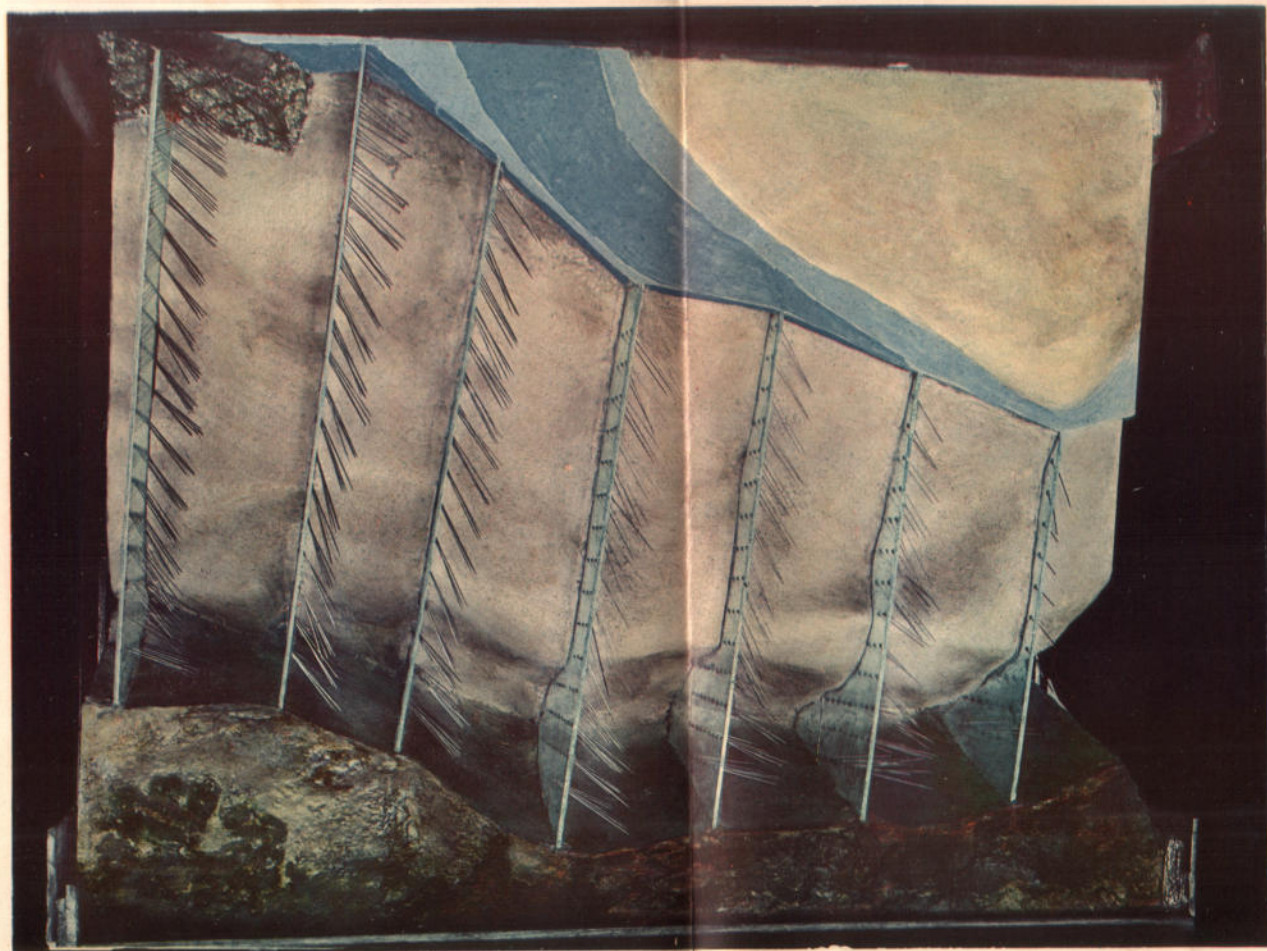
# ПЛАНЪ Р. ДНѢПРА У Г. КІЕВА

Восстановленъ по изысканіямъ въ Сентябрь и Октябрь 1905 г.  
Глубина тисненіи на горизонтъ -3,80 по Волынской рейки Киевскаго чистаго постола



Городъ Кіевъ.





№ № проф. 14 15 16 17 18 19 20



№ № проф. 14 15 16 17 18 19 20 21

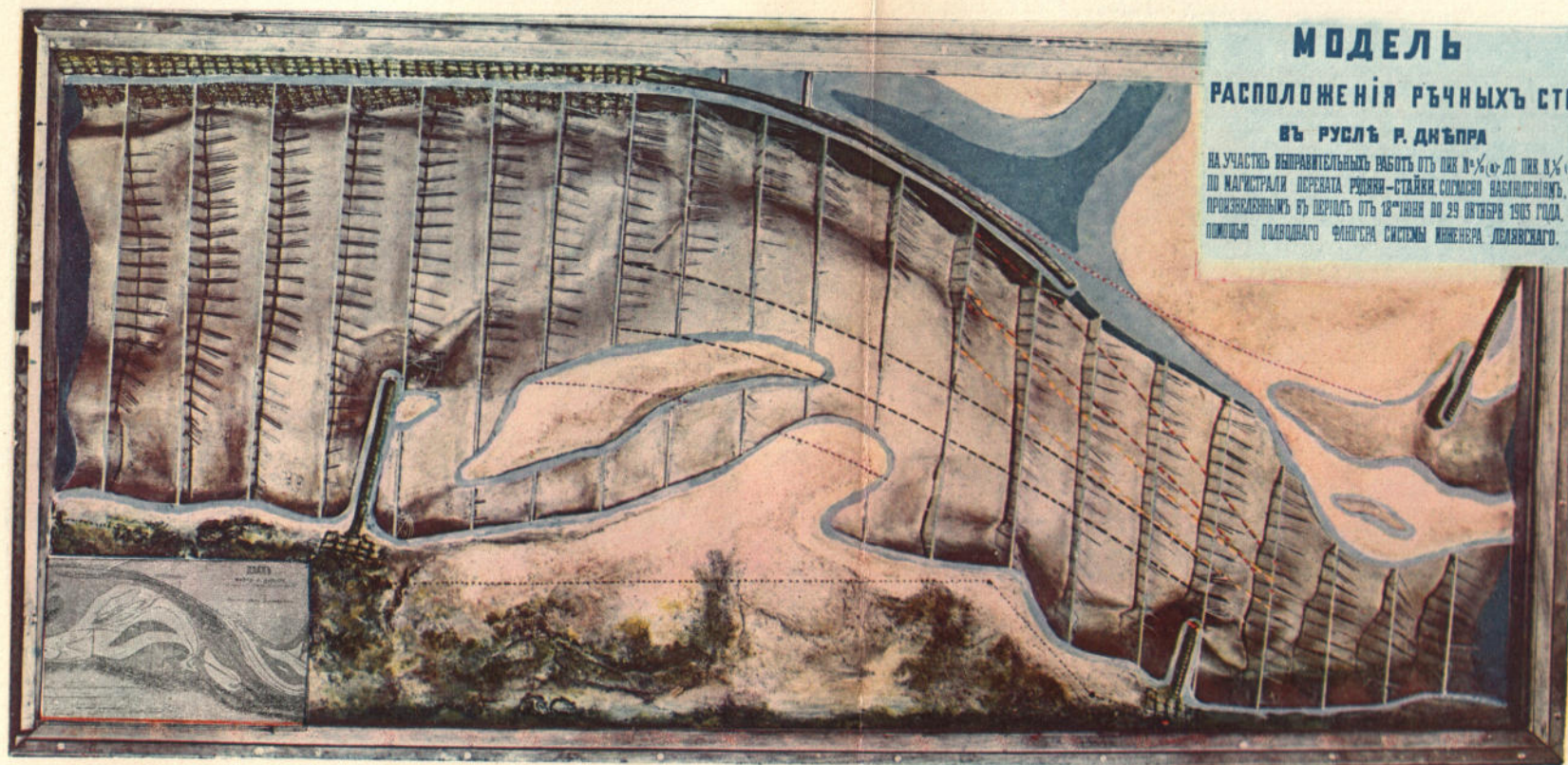


# МОДЕЛЬ

## РАСПОЛОЖЕНІЯ РЪЧНЫХЪ СТРУЙ

ВЪ РУСЛѢ Р. ДНѢПРА

НА УЧАСТКѢ ВЫПРАВЛЕННЫХЪ РАБОТЪ ОТЪ ПИК. № 1/0(а) ДО ПИК. № 1/0(б)  
ПО МАГИСТРАЛИ ПЕРЕДАТА РУБЖИ-СТАЯКИ СОГЛАСНО НАБЛЮДЕНІЮ,  
ПРОИЗВЕДЕННУМУ ВЪ ПЕРІОДЪ ОТЪ 18 ІЮНЯ ПО 29 ОКТЯБРЯ 1903 ГОДА,  
ПОМОЩЬЮ ПЛАВУЩАГО ФОТОГРАФИЧЕСКАГО СИСТЕМЫ ИНЖЕНЕРА ЛЕВЯВСКАГО.



№ № проф.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21

(пик. 1/0(а))

(пик. 1/0(б))



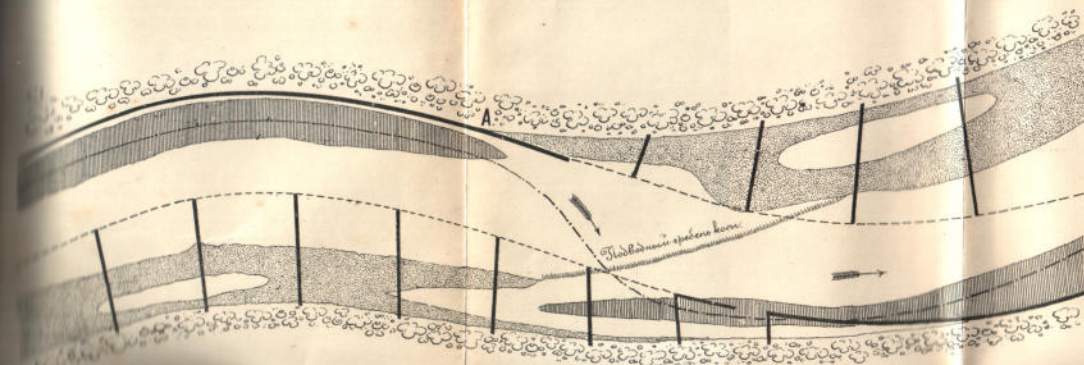


проф. 20.



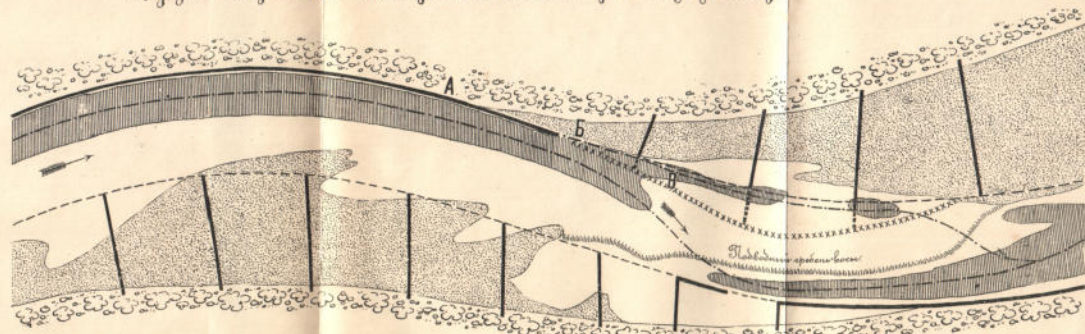
### Чертежъ №1

Перевалъ до выправленія съ изображеніемъ проектируемыхъ трассъ и сооружений.



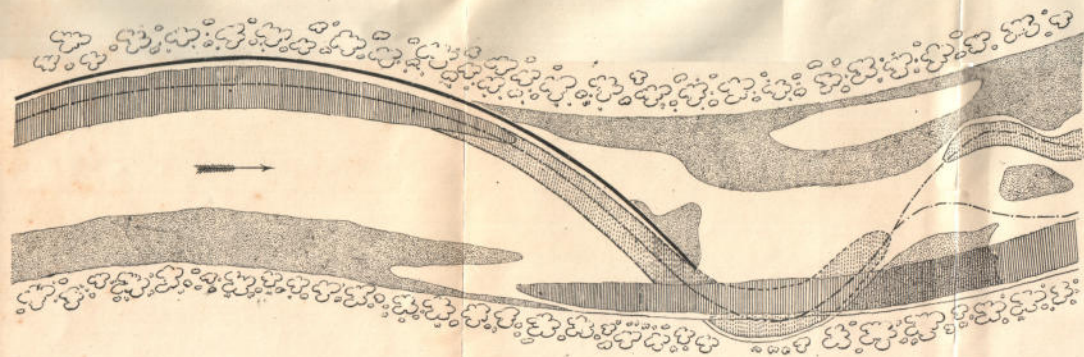
### Чертежъ №2

Перевалъ послѣ выправленія съ изображеніемъ удинненія полузапруды лѣваго берега для исправленія трассы. Послѣ исправленія этихъ работъ на перегонѣ русла налагается одинъ устойчивый и глубокий форватеръ.



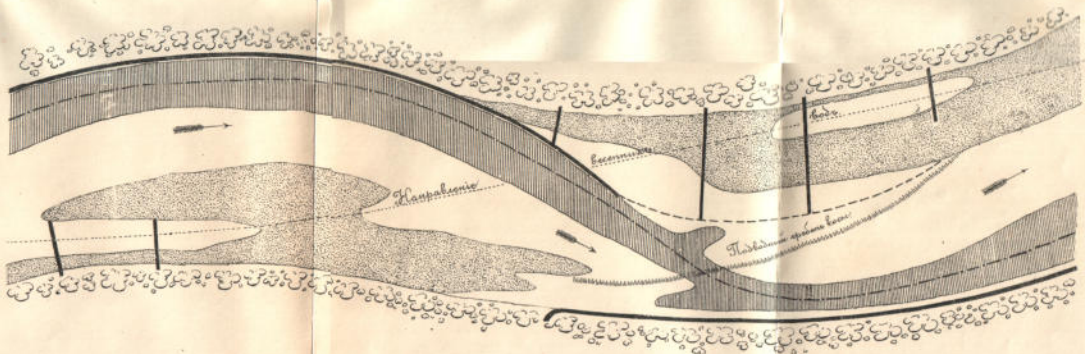
### Чертежъ №3

Въ этомъ чертежѣ показана вода, по исправленіи русла, сравнительно съ соседними плесами, но съ весьма неблагоприятными послѣдствіями ниже, въ дѣйствиіе значительнаго суженія русла.



### Чертежъ №4

Выправленіе перегонѣ русла съ сохраненіемъ на немъ свойнаго форватернаго течения, но исключеніе съ нимъ и съ сохраненіемъ переката, т-е сплошнаго поперекъ рѣчки песчанаго подводнаго отложенья.



Основные знаки:

----- Проектируемая  
----- Форватеръ

Водопадъ показанъ въ видѣ приливающей сѣризмѣ.

Вспомогательныя проекціи въ русло, съ глубинами, выведенными для удобствъ при измѣненіи сѣризмѣ. Измѣненіи сѣризмѣ и переката. 3-й показанъ уступъ въ руслѣ, сѣризмѣ или переката, длинный стрѣлочный указатель.

Планируемая ось русла, обозначена изогнутыми линиями, а плесы, перебаты, обвалы, перепады и поперечныя отмѣтки.

Планируемая ось русла, обозначена изогнутыми линиями.















